

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут телекомунікаційних систем
Кафедра Телекомунікаційних систем**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Леонід УРИВСЬКИЙ

«___» _____ 20__ р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

**на тему: «Дослідження алгоритмів обслуговування в
інфокомунікаційних застосунках розумного міста»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи ТС-61

Недзведська Емма Дмитрівна _____

Керівник:

доцент кафедри ТС ІТС

к.т.н., доц. Осипчук Сергій Олександрович _____

Рецензент:

Старший викладач кафедри Телекомунікацій

Авдеєнко Гліб Леонідович _____

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент _____

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інститут телекомунікаційних систем

Кафедра Телекомунікаційних систем

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 Телекомунікації та радіотехніка

Програма професійного спрямування (спеціалізація) – «Телекомунікаційні системи та мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Леонід УРИВСЬКИЙ

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студентці

Недзведської Емми Дмитрівни

1. Тема роботи «Дослідження алгоритмів обслуговування в інфокомунікаційних застосунках розумного міста», керівник роботи Осипчук Сергій Олександрович, к. т. н., доц. каф., затверджені наказом по університету від «30» березня 2020 р. № 924-с.
2. Термін подання студентом роботи: 12 червня 2020 р.
3. Вихідні дані до роботи:
4. Зміст роботи:
5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо):
 - 1) Тема, мета та завдання бакалаврської дипломної роботи;
 - 2) Аналіз інформації в телекомунікаційних мережах, у вигляді передачі даних та дослідження параметрів ефективності мережі;
 - 3) Ключові тренди та області розвитку телекомунікацій;

- 4) Характеристика практичного застосування Інтернету речей;
 - 5) Аналіз та визначення відмінності в алгоритмах обслуговування черг в системі IoT;
 - 6) Висновки та рекомендації.
6. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<p>Робота над першим розділом:</p> <p>1) описати основні відомості про DIKW піраміду та визначити її основні частини ієрархії; (п. 1.1);</p> <p>2) провести аналіз інформації в телекомунікаційних мережах у вигляді передачі даних та дослідити параметри ефективності мережі;(п. 1.2-1.3);</p> <p>3) проаналізувати відомості про інфокомунікаційну мережу; (п. 1.4);</p> <p>4) Визначити ключові тренди та області розвитку телекомунікацій; (п. 1.5)</p>	13.04.20 – 20.04.20	Виконала
2	<p>Робота над другим розділом:</p> <p>1) Розглянути IoT в рамках інфокомунікацій: напрями розвитку та застосування; (п. 2.1);</p> <p>2) розкрити характеристику практичного застосування Інтернету речей(п. 2.2.)</p> <p>3) провести аналіз концепції розумного міста на прикладі Kyiv Smart City(п. 2.3.)</p> <p>4) визначити основні задачі Інтернету речей, проблеми реалізації та можливі проблеми під час передавання інформації завантаженим трафіком(п. 2.3.)</p>	20.04.20 – 27.04.20	Виконала
3	<p>Робота над третім розділом:</p> <p>1) розкрити характеристику якості обслуговування (QoS), як всебічної системи сфери управління пріоритетними чергами; (п. 3.1)</p> <p>2) описати класифікацію алгоритмів обслуговування черг (п. 3.2);</p> <p>3) проаналізувати та визначити відмінності в алгоритмах</p>	27.04.20 – 04.05.20	Виконала

	обслуговування черг в системі IoT (п. 3.3).		
4	<p>Оформлення дипломної роботи:</p> <p>1) написати висновки до 1-3 розділів, та загального висновку до дипломної роботи.</p> <p>2) оформити роботу (нумерація рисунків, абзаців, схем тощо), переліку скорочень та списку використаної літератури</p>	04.05.20 – 11.05.20	Виконала

Студентка

Емма НЕДЗВЕДСЬКА

Керівник роботи

Сергій ОСИПЧУК

РЕФЕРАТ

Текстова частина дипломної роботи: 64 с., 18 рис., 22 джерел.

Робота присвячена дослідженню алгоритмів обслуговування в інфокомунікаційних застосунках розумного міста. Розвиток інфокомунікацій збільшується разом з мільярдною кількістю користувачів приєднаних до мережі. Для ефективної та оптимальної роботи потрібно зрозуміти яким чином опрацьовувати черги з пакетами та в якій послідовності приймати чи передавати інформацію.

Мета роботи – проаналізувати найпоширеніші та найуживаніші алгоритми обслуговування черг в Інтернеті речей та з'ясувати їх ефективність залежно від необхідної ситуації.

В даній роботі розглядаються тенденції розвитку в області телекомунікацій, характеристика та практичне застосування IoT, концепція розумного міста на прикладі Kyiv Smart City, основні задачі Інтернету речей, проблеми реалізації та можливі проблеми під час передавання інформації завантаженим трафіком та здійснюється опис і характеристика алгоритмів обслуговування черг в системі Інтернету речей.

ТЕОРІЯ ІНФОРМАЦІЇ, DİKW ПІРАМІДА, ІНФОКОМУНІКАЦІЙНА МЕРЕЖА, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, РОЗУМНЕ МІСТО, ЯКІСТЬ ОБСЛУГОВУВАННЯ, АЛГОРИТМИ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЧЕРГ

ABSTRACT

Text part of the thesis: 64 p., 18 figs., 22 references.

The diploma is devoted to the study of service algorithms in infocommunication applications of a smart city. The development of infocommunications is increasing along with the billions of users connected to the network. For efficient and optimal operation, you need to understand how to process packet queues and in what is the order of receiving or transmitting of information.

The purpose of the work is to analyze the most common algorithms for servicing queues in the IoT and to determine their efficiency depending on the situation.

This thesis explains the development trends in telecommunications, the characteristics and practical application of IoT, the concept of a Smart City with example of Kyiv Smart City, main tasks of the Internet of Things, problems of implementation and possible problems in transmitting of the information under congested traffic. Also performed investigation and comparison characteristics of different algorithms of queues servicing in Internet of Things system.

INFORMATION THEORY, DIKW PYRAMID, INFOCOMMUNICATION NETWORK, INTERNET OF THINGS, SMART CITY, QUALITY OF SERVICE, QUEUING ALGORITHMS

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП	9
1 DІKW ПІРАМІДА.....	13
1.1 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО DІKW ПІРАМІДУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ІЄРАРХІЇ (ДАНІ, ІНФОРМАЦІЯ, ЗНАННЯ, МУДРІСТЬ).....	13
1.2 ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНА МЕРЕЖА ТА ПЕРЕДАЧА ІНФОРМАЦІЇ	15
1.3 ПАРАМЕТРИ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ.....	17
1.4 ІНФОРМАЦІЙНА МЕРЕЖА	18
1.5 ІНФОКОМУНІКАЦІЙНА МЕРЕЖА	23
1.6 КЛЮЧОВІ ТРЕНДИ ТА ОБЛАСТІ РОЗВИТКУ ІНФОКОМУНІКАЦІЙ	25
1.7 Висновки до розділу 1	27
2 ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ ЯК КЛЮЧОВИЙ ТРЕНД У РОЗВИТКУ ІНФОКОМУНІКАЦІЙ.....	28
2.1 Концепція Інтернету речей.....	28
2.2 МЕРЕЖЕВА ПАВУТИНА ЯК ІНСТРУМЕНТ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ	33
2.3 ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ІoT	35
2.4 ІНФОКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ В РАМКАХ РОЗУМНОГО МІСТА	36
2.5 Концепція розумного міста на прикладі KYIV SMART CITY ..	39
2.6 Задачі ІoT, проблеми, реалізації та плани на майбутнє	45
2.7 Висновки до розділу 2	47
3 АЛГОРИТМИ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЧЕРГ В МЕРЕЖІ.....	49
3.1 QoS як всебічна система сфери управління пріоритетними чергами	49
3.2 Класифікація алгоритмів обслуговування	53
3.3 Аналіз алгоритмів обслуговування черг в системі	55
3.4 Висновки з розділу 3	59
Висновки.....	61
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	62

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

DIKW	DATA, INFORMATION, KNOWLEDGE, WISDOM
ITU-T	TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF INTERNATIONAL TELECOMMUNICATIONS UNION
IN	INFORMATION NETWORK
AP	APPLICATION PROCESSES
ПЗ	ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
AI	ARTIFICIAL INTELLIGENCE
IOT	INTERNET OF THINGS
M2M	MACHINE-TO-MACHINE
URN	UNIFORM RESOURCE NAMES
NFC	NEAR FIELD COMMUNICATION

ВСТУП

Термін інформація можна вважати новим. Ще в давній Греції мислителі приділяли багато часу для того щоб зрозуміти форму знань і самі знання, але не саме про спосіб існування та його передачу. Так само і емпірики Нового часу вважали, що ми отримуємо відомості про все на світі через відчуття, але ще не пробували знайти кількісну характеристику щодо цих відомостей. Твердження «інформація» стрімко та рішуче увійшло в науку та в мас-медіа після того як Клод Шеннон створив математичну теорію інформації. Шеннон розглядав передачу повідомлень у каналах зв'язку. У каналах може існувати шум, тому вихідний сигнал не цілком подібний вхідному. Абстрагувавшись від семантичного вмісту повідомлення, тобто від того, що повідомлення означає, Шеннон сфокусувався на ймовірності того, що сигнал на виході буде збігатись зі сигналом на вході. Обидва сигнали представляють собою як послідовність символів із певного алфавіту. Цей підхід дозволив надати кількісну характеристику якості передачі сигналу, яку після того стали називати кількістю інформації.

Математична теорія інформації разом із теорією керування, яку заснував Норберт Вінер, створили нову галузь науки, яка на сьогодні має назву кібернетики. Пізніше стало зрозуміло, що людина завжди оточена інформацією, вона відчуває та отримує її від органів чуття, аналізує, виводить у ній зміст та застосовує коли приймає рішення чи у своїй діяльності. Пізніше стало відомо, що інформація, яка спадкова - кодована в клітинах організмів і виглядає як послідовності нуклеотидів ДНК, що лірична поема містить приблизно пів мегабайта інформації, а документальний фільм «важить» чотири гігабайта.

Цікавились аналізом поняття «інформація» і філософи. Тоді як кібернетика є загальною математичною теорією, семіотика, та її розділ семантика, сконцентровані на розумінні отриманої інформації, на змісті сигналу або повідомлення. Згодом термін кібернетика дещо втратив

поширеність, давши дорогу терміну інформатика, яка охоплює вивчення й використання комп'ютерної обробки інформації.

Цінність інформації можна визначити користю та її можливістю забезпечити суб'єкта потрібними умовами для досягнення поставленої мети. Одним із найважливіших та найголовніших термінів для інформації є достовірність.

Достовірність — це здатність інформації об'єктивно відбивати процеси і явища, що відбуваються навколо нас. Зазвичай, така інформація, яка несе із собою безпомилкові та істинні дані. Під безпомилковістю розуміються дані які не мають випадкових або прихованих помилок. Випадкові помилки обумовлені ненавмисним спотвореннями змісту людиною або ж збоями технічних засобів при зміні даних в інформаційній системі. Під істинними даними, розуміються дані, зміст яких неможливо оскаржити чи заперечити [1].

Перебудова традиційних мереж загального користування із комутацією каналів в інфокомунікаційній мережі відбувається, на основі технологій пакетної передачі інформації. Беручи до уваги на це, телекомунікаційні мережі перетворюються в інфокомунікаційні мережі, що дають користувачам ще більшу кількість взаємодоповнюючих послуг. За дослідженнями аналітиків шведської компанії Ericsson, які проводилися в Європі та Азії, таке різке зростання стало можливим завдяки появи ще більш досконалих мобільних пристроїв і різноманітного контенту в Інтернет мережі. Із поширенням смартфонів і всіх інших гаджетів люди почали використовувати мобільні пристрої не тільки для відвідування Інтернет-сторінок, спілкуванню чи розмов через додатки Viber, Telegram, WhatsApp але і для перегляду онлайн-відео, використання популярних ресурсів таких, як YouTube, Netflix, MEGOGO та інших, що надають можливість переглядати прямі ефіри, ТВ – програми, або слухати радіо онлайн. Це все сприяє перенавантаженню мережі мобільних операторів, яке негативно впливає на якість послуг зв'язку.

Питання розвитку мереж майбутнього часу буде залежати саме від їхньої ефективності працювати з такими різномірними компонентами [2].

Людство росте та розвивається і потребує нового покоління мобільного інтернету, яке могло б забезпечити значно швидшу передачу даних з телефону на телефон, з широким радіусом покриття та стабільним зв'язком. Мова йдеться про досконаліше використання радіодіапазону та можливості одночасного доступу до мобільного інтернету для великої кількості пристроїв.

Планується запровадження одразу декількох нових технологій. Високочастотні смуги передачі сигналу дають більшу функціональність, коротша довжина хвиль означає, що діапазон з таким сигналом - менший і він легше блокується фізичними об'єктами на його шляху.

5G може стати таким собі додатковим сервісним обслуговуванням, при спілкуванні із навколишнім світом. Це також полегшить "Інтернет речей" - глобальну мережу підключених до мережі інтернету фізичних пристроїв - "речей", доданих до них сенсорів, датчиків і різних пристроїв для передачі інформації [3].

Метою роботи є дослідження елементів системи IoT, які потребують покращення та оптимізації роботи в мережі, а також аналіз алгоритмів обслуговування які здатні розвантажити трафік, шляхом упорядкування пакетів інформації для ефективної роботи системи.

Згідно мети роботи основними задачами є:

- 1) Опис основних відомостей про DIKW піраміду та визначення її основних частини ієрархії;
- 2) Аналіз інформації в телекомунікаційних мережах у вигляді передачі даних та дослідження параметрів ефективності мережі;
- 3) Аналіз відомостей про інфокомунікаційну мережу;
- 4) Дослідження ключових трендів та областей розвитку телекомунікацій;

- 5) Дослідження IoT в рамках інфокомунікацій: напрями розвитку та застосування;
- 6) Аналіз концепції розумного міста на прикладі Kyiv Smart City;
- 7) Визначення основних задач Інтернету речей, проблем реалізації та можливі проблеми під час передавання інформації завантаженим трафіком;
- 8) Опис характеристики якості обслуговування (QoS), як всебічної системи сфери управління пріоритетними чергами;
- 9) Аналіз та визначення відмінностей в алгоритмах обслуговування черг в системі IoT.

Об'єктом дослідження є алгоритми обслуговування черг за різних потреб розвантаження трафіку.

Предметом дослідження є особливості та характеристики алгоритмів обслуговування черг для покращення QoS в системах IoT.

У даній роботі досить детально розглянемо і проаналізуємо як алгоритми обслуговування в інфокомунікаційних мережах допомагають із завантаженням. Дослідимо способи покращення передання великої кількості інформації по трафіку та їхнє застосування у різних сферах життя та у деяких необхідних ситуаціях.

1 DIKW ПІРАМІДА

1.1 Основні відомості про DIKW піраміду та визначення її основних частин ієрархії (дані, інформація, знання, мудрість)

Дані - інформація - знання - мудрість (data – information – knowledge – wisdom hierarchy - DIKW) (Рис.1.1), по-різному називається "Ієрархія знань", "Ієрархія інформації" та "Піраміда знань" є однією з фундаментальних, широко визнаних та прийнятих як потрібна модель в літературі з інформації та знань. Вона часто цитується або неявно використовується у визначенні даних, інформації та знань у підручниках про управління інформацією, інформаційними системами та управління знаннями.

Неявне припущення полягає в тому, що дані можуть бути використані для створення інформації, інформація може бути використана для створення знань, а знання можуть бути використані для створення мудрості.

Покращене розуміння взаємозв'язку між знаннями та мудрістю, а також «основоположними поняттями» даних та інформації може забезпечити контекст для досягнення більш переконливого успіху в управлінні знаннями та, що ще важливіше - організаційного досягнення [4].



Рисунок 1.1 – Піраміда знань

Дані - це сукупність фактів у сирому чи неорганізованому вигляді, таких як цифри, букви чи символи. Але без контексту, дані можуть означати

мало. Наприклад, 15062020 - це лише послідовність чисел без видимої важливості. Але якщо розглядати це в контексті "це дата", то можна легко визнати 10 липня 1999 року. Додавши контекст і значення до чисел, вони тепер мають більше значення. Таким чином було перетворено необроблену послідовність чисел у інформацію.

Інформація – наступний блок піраміди DIKW. Це дані, які були очищені від помилок та надалі оброблені таким чином, що полегшує вимірювання, візуалізацію та аналіз певної мети.

Залежно від цієї мети, обробка даних може включати різні операції, такі як поєднання різних наборів даних, забезпечення того, що зібрані дані є релевантними та точними (валідація) тощо.

Задаючи відповідні запитання про "хто", "куди", "що", "коли" і т.д., можна отримати цінні дані з цих даних і зробити їх кориснішими. Переходячи до питання "як", саме цей крок робить стрибок від інформації до знань.

Як інформація, отримана від зібраних даних, відповідає нашим цілям? Як частини цієї інформації пов'язані з іншими фрагментами, щоб додати більше значення та цінності? І, може бути, найголовніше, «як» можливо використовувати інформацію для досягнення поставленої мети?

Коли розглядати інформацію не лише, як опис зібраних фактів, але також розуміємо, як її застосувати для досягнення поставлених цілей, інформація перетворюється на знання. Ці знання часто є крайніми точками, які мають підприємства над своїми конкурентами. Якщо розкривати відносини, які явно не вказані в якості інформації, ми отримуємо глибше розуміння, що взяти нам вище по пірамідній концепції DIKW. Але тільки тоді, коли ми використовуємо знання та розуміння, отримані з інформації, для прийняття проактивних рішень, можна сміливо сказати, що дійшли до останнього етапу Піраміди знань - мудрості.

Мудрість - це вершина ієрархії DIKW, і щоб потрапити туди, потрібно відповісти на запитання, такі як "для чого це робити" та "що найкраще

зробити". Іншими словами, мудрість - це знання, що застосовуються в дії. Ще можна сказати, що якщо дані та інформація схожі на огляд у минуле, знання та мудрість пов'язані з тим, що відбувається зараз, і що чого хотілося б досягти у майбутньому (Рис 1.2)[5].

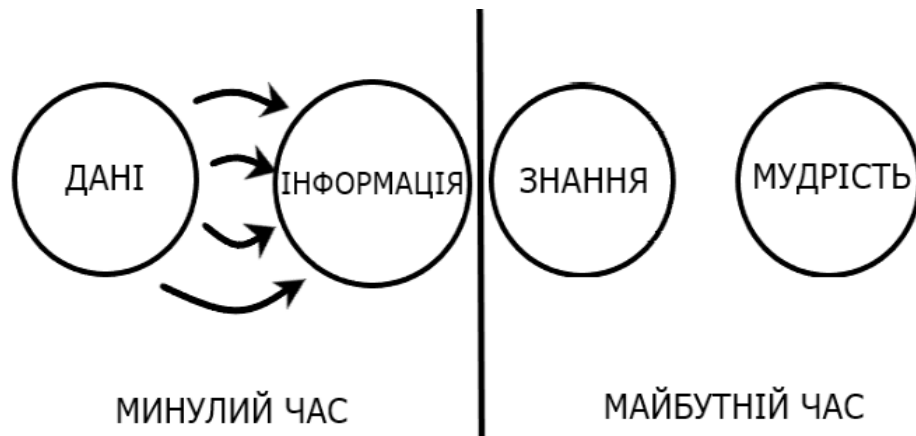


Рисунок 1.2 – Піраміда DIKW на часовому проміжку

1.2 Телекомунікаційна мережа та передача інформації

Міжнародний союз електрозв'язку (International Telecommunications Union, ITU-T) у Рекомендаціях серії I формулює термін телекомунікації - як декілька засобів, що забезпечують переміщення інформації, яка подалась у необхідній формі, на потрібну відстань за допомогою розповсюдження сигналів в одному з середовищ (ефірі, міді, оптичному волокні) або сукупності середовищ. Засоби, визначені загальними поняттям «засоби телекомунікацій», є пристрої з'єднання середовищ, лінії зв'язку, комунікаційні пристрої мережі, системи передачі, обладнання сигналізації, синхронізації і т.д. Сумуючи ці всі поняття, можна дати таке визначення телекомунікаційній мережі.

Телекомунікаційна мережа – це система, утворена з сукупності прийомів телекомунікацій, що надає можливість територіально віддаленим об'єктам інформаційної взаємодії передавати інформацію один одному, методом обміну сигналами (електричними, радіо або оптичними). Об'єктами

в цій ситуації можуть бути як термінальні пристрої користувачів кінцевої системи мережі, так і самі мережі.

Інтерфейсною точкою (кінцем) телекомунікаційної мережі (Рис.1.3) називають телекомунікаційний роз'єм, до якого під'єднано мережевий інтерфейс (пристрій користувача) , чи кінцеве мережеве обладнання, яке забезпечує з'єднання мереж (міжмережевий інтерфейс).

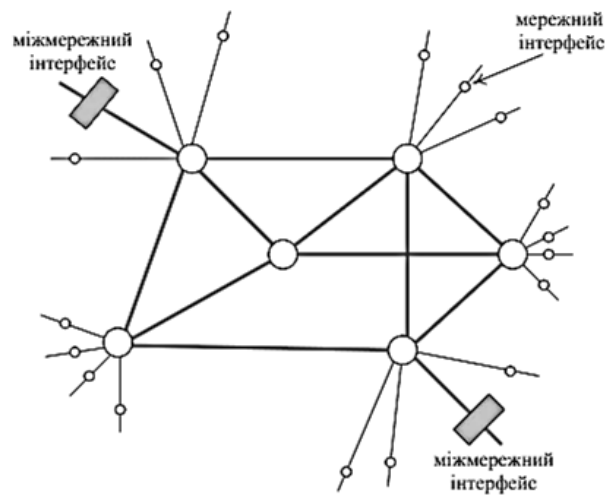


Рисунок 1.3 – Телекомунікаційна мережа

В мережевій термінології, термін «транспортування інформації» означає також і перенесення інформації, зміненої в сигнал з кінця в кінець, тобто від джерела до одержувача. Його потрібно відрізнати від терміну «передача», під яким можна розуміти процес розповсюдження сигналу у фізичному середовищі між двома крайніми пунктами мережі.

Коли інформація передається, потрібно контролювати важливі мережеві функції, такі як : якість обслуговування з кінця до кінця, керування потоками для запобігання перевантажень у мережі і т.д.

За типом режиму перенесення інформації телекомунікаційні мережі можна класифікувати на синхронні і асинхронні та за технологічними характеристиками - середовищем передавання, швидкістю передавання, заданою шириною смуги пропускання, якістю передавання сигналів і т.д.

1.3 Параметри ефективності телекомунікаційної мережі

Телекомунікаційні мережі визначають та відрізняють за показниками, які відображають можливість і ефективність перенесення інформації. Можливість перенесення інформації в телекомунікаційній мережі пов'язана напряду із ступенем функціональності в часі, тобто дотримання заданих функцій в повному об'ємі з потрібним рівнем якості протягом конкретного періоду експлуатації мережі або ж в конкретний момент часу. Працездатність мережі поєднана з терміном «надійність» та «живучість». Різниця між цими словами пов'язана через відмінності причин та факторів, що порушують оптимальну роботу мережі і специфіку порушень.

Надійність мережі зв'язку описується можливістю забезпечувати зв'язок, при цьому зберігаючи значення встановлених показників в часі, в якості та в заданих умовах експлуатації. Вона описує вплив на саму працездатність мережі насамперед внутрішніх чинників: спричинених процесами старіння, випадкових відмов технічних засобів, дефектам технології виготовлення або помилками і незнанням персоналу, який обслуговує. Показниками надійності можна назвати - відношення часу працездатності мережі до повного загального часу її експлуатації, ймовірності безвідмовного зв'язку і т.д.

Значимим показником є також кількість передавання незалежних шляхів повідомлення з інформацією, які можна визначити між парою пунктів мережі.

Живучість мережі зв'язку описується здатністю зберігати часткову або повну функціональність під впливом конкретних причин, які створюються поза межами мережі та призводять до виходу з ладу чи деяких пошкоджень частини її елементів, для прикладу ліній зв'язку або ж пунктів. Визначають два типи причин: навмисні та природні (стихійні). До стихійних причин відносяться: землетрус, ураган, повінь, смерч та інші природні та неприродні обставини, до навмисних – пошкодження мережі шляхом злочинних дій.

Пропускна здатність мережі. У випадках, коли мережа не може обслуговувати потрібне навантаження, починають говорити про обсяг того, що реалізувалось в мережі. Величина реалізованого мережею навантаження і характеризує її пропускну здатність та в ряді випадків може бути кількісно оцінена заздалегідь. Наприклад, можна визначити величину максимального потоку інформації між двома пунктами, або ж пропускну спроможність перетину мережі, що є найменшим місцем, коли ділять між мережею і джерелом та стоком на дві частини. Оцінення пропускну здатності мережі на пряму пов'язана з параметрами якості обслуговування, через те, що реалізація конкретного навантаження має відбуватись спираючись до уже заданих параметрів якості.

Телекомунікаційна мережа є рентабельною, у випадку якщо витрати на її організацію та забезпечення працездатності повертаються заробітком від надання користувачам послуг. Найголовніша економічна характеристика мережі – це загальномережеві витрати, що визначають її ціну з додатковим урахуванням керування та експлуатації.

Термін «передача даних», порівняно з терміном «переніс інформації» виділяє саме конкретну частину діяльності канального рівня. З'єднання буде включати декілька незалежно працюючих фізичних каналів передачі із даними якщо встановлюється між двома кінцевими системами, які не пов'язані безпосередньо. При цій ситуації - фізичні середовища передачі можуть бути різними (мідь, оптичне волокно, ефір).

1.4 Інформаційна мережа

Під поняттям «інформаційна мережа» (IN) розуміється характеристика телекомунікаційної мережі разом із сукупністю взаємодіючих об'єктів. У такому значенні інформаційна мережа – це «навантажена» телекомунікаційна мережа. Термін «інформаційна мережа» (Рис.1.5), порівняно з «телекомунікаційна мережа», є більш багатозначним та узагальненим та

показує різноманіття інформаційних процесів, що відбуваються в мережі. Ці процеси створюються в результаті взаємодії кінцевих систем, що під'єднанні до телекомунікаційної мережі.

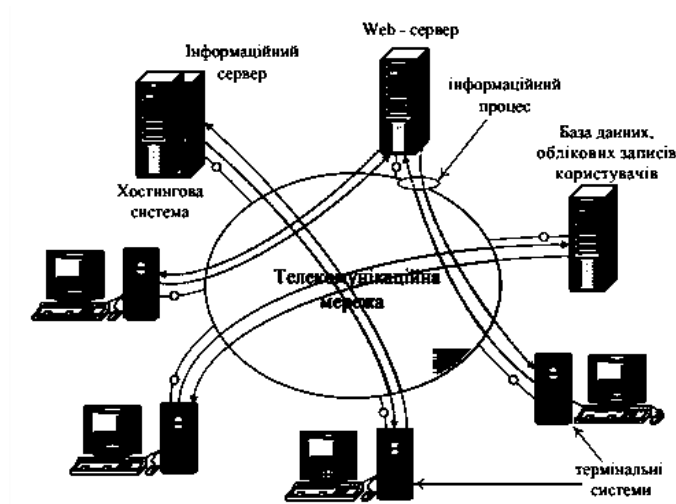


Рисунок 1.5 – Інформаційна мережа

Інформаційні процеси по всій мережі можна поділити на дві частини: прикладні процеси та процеси взаємодії.

Прикладні процеси (АР) створюються кінцевими системами під час запуску програм користувача, які також ще називаються застосуваннями.

Процеси взаємодії – це такі процеси в мережі, що призначені для обслуговування прикладних процесів. Для прикладу, формулювання форматів подачі інформації для передавання мережею, встановлювання режимів для передачі даних, визначення маршрутів для переносу інформації і т.д. Прикладні процеси та процеси взаємодії контролюються мережевими операційними системами.

Кінцеві системи інформаційної мережі можуть бути розподілені наступним чином:

- термінальні системи (для комп'ютерів користувачів мережі);
- хостингові системи – комп'ютери, на яких розміщено інформаційні чи програмні ресурси всієї мережі;

— сервери — це комп'ютери, на яких завантажено спеціальне програмне забезпечення, яке дає можливість надавати мережеві сервіси. Зокрема, керування доступом для великої кількості користувачів до інформаційних ресурсів, пристроям колективного користування (принтерів, факсів), реєстрація користувачів та контроль за їх правами доступу в мережу і т.д. Серверний комп'ютер, залежачи від можливостей операційної системи, може бути налаштований як для роботи в інформаційний сервері, так і в режимі комунікаційного пристрою (шлюзу);

— адміністративні системи — це комп'ютери, які забезпечують роботу застосувань керування мережею та окремими її інформаційними ресурсами.

Інформаційні ресурси — це знання та інформація, які накопичені в усіх галузях науки, культури та життєдіяльності суспільства, а також ще продукція індустрії розваг. Все це систематизується в мережевих хмарах даних, з якими взаємодія з користувачами мережі. Ці ресурси характеризують споживчу цінність інформаційної мережі, тому їх потрібно не лише постійно створювати і доповнювати, але й вчасно і регулярно архівувати та оновлювати, а користування мережею має забезпечувати можливість отримувати актуальну інформацію тоді, коли в ній з'являється необхідність.

Програмні ресурси — це мережеве програмне забезпечення (ПЗ): мережеві операційні системи, серверне ПЗ, ПЗ робочих станцій; прикладне ПЗ; інструментальні засоби: утиліти, аналізатори проходження трафіку, засоби мережевого контролю, а також програми додаткових функцій, основними якими є виписка рахунків, облік оплати послуг, навігація (пошук інформації в мережі), обслуговування мережевих електронних поштових скринь, організація мостів для телеконференцій, перетворення форматів переданих повідомлень, криптозахист інформації (кодування і шифрування), автентифікація (для прикладу, електронний підпис документів, що засвідчує їх справжність).

Комунікаційні ресурси – ресурси, що беруть участь у перенесенні і перерозподілі потоків інформації в мережі (іншими словами – ресурси телекомунікаційної мережі), основними якими є пропускні спроможності ліній зв'язку та устаткування вузлових пунктів та час їх використання під час взаємодії користувача з всією мережею. Вони розділяються згідно з використаного середовища передачі та телекомунікаційної технології.

Усі вище перераховані ресурси в інформаційній мережі можуть використовуватися разом з кількома прикладними процесами, тобто розділятися в часі.

Ресурси інформаційної мережі спільно дозволяють виконувати обробку інформації, забезпечувати її ефективний пошук в будь-якому місці мережі, також роблять можливим накопичення й зберігання. Усі зазначені функції мають назву «інформаційні послуги».

Отже, говорячи про інформаційну мережу як фізичний об'єкт, то слід розуміти сукупність територіально різних кінцевих систем, об'єднаних телекомунікаційною мережею, яка забезпечує взаємодію прикладних процесів, активізованих у кінцевих системах а також їх колективний доступ до ресурсів мережі.

Повністю вся інтелектуальна робота в інформаційній мережі працює на периферії, в так званих кінцевих системах мережі, а телекомунікаційна мережа, хоча й займає середнє положення, є лише з'єднувальним компонентом (див. рис. 1.5). Телекомунікаційна мережа, що їй і належить, у складі інформаційної мережі виконує свої функції транспортувальної системи.

Тобто, поняття «інформаційна мережа» зосереджує увагу на інформаційних процесах, що виникають у мережі коли взаємодіють кінцеві системи через телекомунікаційну мережу. Опис цієї взаємодії показує весь рівень складності організації зв'язку в мережі як у режимі «запит-відповідь», так і в реальному часі.

Основною та потрібною вимогою, якій має відповідати інформаційна мережа - це забезпечення користувачів ефективним та актуальним доступом до ресурсів, які можуть ділитись (тобто використовуватись колективно). Усі інші вимоги – надійність, пропускна здатність, живучість – вони лише забезпечують якісне виконання цієї основної та потрібної вимоги.

Уявлення користувача про рівень продуктивності інформаційної мережі, як системи, яка розподіляє ресурси - складається саме з оцінювання параметрів, як час реакції мережі, затримка передачі і варіація затримки передачі, і ще прозорість.

Час реакції самої мережі визначається як інтервал часу між поданням запиту до певної мережевої служби (для прикладу - передачі файлів) та отриманням потрібної відповіді на цей запит. Визначення цього показника залежить від типу самої служби, до якої звертається користувач та від того, до якої саме категорії належить користувач та якою хорошою є продуктивність сервера, на який він звертається, а також від ступеня завантаженості елементів мережі, через які проходить його запит.

Затримку передачі можна визначити як час між моментом надходження пакету даних на вхід будь-якого мережевого пристрою або фрагмента мережі та моментом виходу з мережі. Цей параметр характеризує етапи тимчасової обробки пакетів, коли вони проходять мережею. При цьому продуктивність мережі оцінюється, як прийнято, максимальним рівнем затримки передачі, а також варіацією затримки.

Варіація затримки (джитер) характеризує коливання затримки в часі. Великий діапазон в значеннях затримки позначається негативно на якості наданої користувачеві інформації до затримки видів трафіку, таких як відеодані, мовленнєвий трафік тощо. Це супроводжується виникненням нерозбірливості мови, «відлуння», тремтінням зображення та ін.

Прозорість визначається властивістю мережі приховувати від користувача принципи внутрішньої організації. У користувача немає бути інформації про місцезнаходження програмних та інформаційних ресурсів.

Для того щоб працювати з віддаленими ресурсами мережі, користувачу потрібно користуватись тими командами й процедурами, що і для роботи з ресурсами свого гаджета. Вимога до прозорості допомагає забезпечувати користувачам зручність і простоту роботи в мережі.

1.5 Інфокомунікаційна мережа

Процеси конвергенції, цифровізації та комп'ютеризації мереж пов'язані з прагненням створити єдину мережу, яка б могла надавати телекомунікаційні і також інформаційні послуги інтегровано та забезпечувати можливість необмеженого збільшення і розширення спектру різних послуг. Підкреслюючи нерозривний зв'язок інформаційних та телекомунікаційних компонентів у формуванні і також наданні послуг мережі, у технічній літературі зазвичай використовують такі поняття, як «інфокомунікаційна мережа» або «інфокомунікації».

Зрозуміло, що створення інфокомунікаційної мережі потребує загального використання ресурсів мережі, а також істотно різних технічних рішень. Та саме від складу і можливостей ресурсів такої багатофункціональної мережі залежить на пряму спектр послуг, що надаються.

Сукупність ресурсів мережі, які задіяні у виробництві та також наданні користувачам якоїсь конкретної послуги або певного набору послуг, прийнято називати платформою для того щоб надати послуги. Використовуючи поняття «мережеві ресурси» та «платформа надання послуг», зрозуміємо та визначимо терміни «інфокомунікації» і «інфокомунікаційна мережа».

Інфокомунікаціями можна назвати сукупність мережевих ресурсів, які призначені для спільної участі у виробництві і наданні телекомунікаційних або інформаційних послуг.

Таким чином, інфокомунікації забезпечують можливість не тільки переносити в просторі інформаційні повідомлення та взаємодію інформаційних систем, а також і виробництво нових послуг та інформації.

Інфокомунікаційна мережа - це комплекс термінальних пристроїв користувачів, кінцевих систем мережі універсальної платформи виробництва та надавання послуг, що відповідають різноманітним вимогам користувачів до їх типу та звичайно якості.

Інфокомунікаційну мережу зображено як фізичний об'єкт на (Рис. 1.6) Термінальними пристроями користувачів можна назвати пристрої, призначені для роботи в мережі, якими є кінцеві пристрої телекомунікаційних служб: телефонні апарати (стаціонарні, системні, мобільні), пристрої телематичних служб (факсимільні апарати, відеотермінали тощо), так і багатофункціональні термінали, що часто на основі комп'ютерів [6].

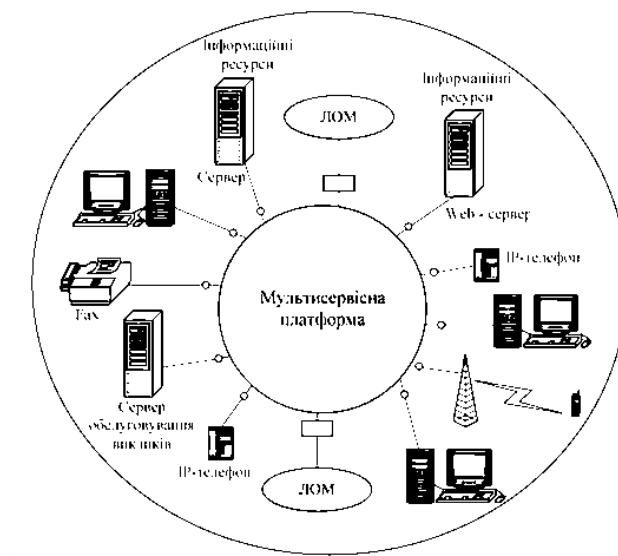


Рисунок 1.6 – Інфокомунікаційна мережа

1.6 Ключові тренди та області розвитку інфокомунікацій

Споживання даних, орієнтоване на споживачів, що забезпечується послугами мобільного і широкосмугового зв'язку на пристроях Інтернету речей, які зросли та піддають безпрецедентний тиск на самі мережі, може бути одним із тенденцій телекомунікацій, які ми зможемо спостерігати у 2020 - 2021 роках.

Ландшафт змінив форму, коли телекомунікації збільшили можливості доступу користувачів, а також активну діяльність злиття в секторі, роблячи заголовки новин.

У 2020-2021 році варто очікувати, що деякі телекомунікаційні тенденції продовжуватимуть набирати обертів, тоді як нові з'являтимуться та спрямовуватимуть цю галузь у можливих нових напрямках.

Завдяки використанню нової мережі 5G на горизонті до 2020 року, ймовірно, будуть докладені наступні зусилля від телекомунікаційних служб та інших постачальників послуг, для того щоб самостійно надавати партнерські послуги та стати первинними постачальниками послуг, щоб збільшити дохід та розвивати лояльність клієнтів.

Також підвищений інтерес до досліджень та розробок 5G, що з'являються в інших галузях за межами традиційного ринку телекомунікацій, в тому числі в енергетиці, агробізнесах та транспорті, що величезний потенціал 5G-технології представляє, щоб знаходити спосіб постачання своїх послуг та товарів.

Оскільки мережі з часом стають все більш програмно визначеними, їх інфраструктура ще більш вразлива для атак, як і біти та байти, що надходять через мережу.

У 2020 році цілісна безпека мережі стане важливішою, ніж будь-коли та очікується зміна та перехід шифрування з гри в нішу до більш актуальної та популярної технології.

У телекомунікаційній індустрії, як і в будь-якій іншій, є цілий ряд проблем, які вона потребує вирішити, якщо вона хоче залишитися на передовій цифрової трансформації [18].

Потрібно виділити провідні тенденції розвитку у сфері телекомунікацій на 2020 рік:

— 5G мережі - Телекомунікаційні оператори працюють над наданням 5G, щоб викликати величезну хвилю швидкісного Інтернету. Поки ця технологія ще не повністю визначена, носії продовжують лабораторні та польові випробування, щоб скласти конкуренцію. Повне охоплення 5G на масовому ринку очікується приблизно до 2020 року.

— Безпечні та надійні сервіси - сучасне телекомунікаційне середовище пропонує багатий набір послуг, які потребують надійної та безпечної автентифікації. Зростає кількість смартфонів, оснащених біометричними зчитувачами відбитків пальців. Ця технологія також використовується роздрібними торговцями, фінансовими установами, урядом і навіть школами для перевірки особи. Інші біометричні механізми, такі як розпізнавання обличчя або сітківки, також є тенденціями телекомунікацій і, ймовірно, наберуть руху в найближчі роки. Все більша кількість телекомунікаційних компаній приймає біометричні SIM-картки для стримування злочинів, пов'язаних із мобільними телефонами та терактами.

— Штучний інтелект (AI) - Додавання можливостей штучного інтелекту до смартфонів призведе до наступного зрушення технологій. AI дозволяє смартфонам виконувати надзвичайно складні функції, такі як розширена реальність, розпізнавання мови, навігація в приміщенні та навіть вивчення щоденних завдань та уподобань людини, щоб включити цифрових помічників, таких як Siri (Apple), Bixby (Samsung).

— Інтернет речей (IoT) - Ставши постачальником послуг з підключення IoT та запропонувати пристрої Machine to Machine (M2M), можна відкрити нові потоки доходу для телекомунікацій. Gartner прогнозує, що до 2020 року до IoT буде підключено майже 50 мільярдів пристроїв.

IoT може бути використаний для підвищення ефективності роботи за допомогою віддаленого моніторингу та управління обладнанням, IT-інфраструктурою, покращення безпеки за допомогою системи виявлення вторгнень, що підтримується IoT, та захисту віддалених сайтів телекомунікаційними системами [19].

Другий розділ присвячений саме останній тенденції – Інтернету речей та проектів, які реалізуються завдяки з'єднанню мільярдів пристроїв до однієї системи. Розглянемо уже існуючі проекти в місті Києві та дослідимо концепцію розумного міста на прикладі KYIV SMART CITY.

1.7 Висновки до розділу 1

1. Охарактеризовано головні відомості DIKW піраміду та визначення її основних частин ієрархії.
2. Проаналізовано параметри оцінки інфокомунікаційної мережі.
3. Розглянуто ключові тренди та області розвитку телекомунікацій.
4. Визначені основні задачі дипломної роботи, мету, а також предмет та об'єкт дослідження.

Завданням розділу 2 є дослідження основних напрямів розвитку та застосувань Інтернету речей для підвищення ефективності реалізацій поставлених задач для безпроводного зв'язку.

2 ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ ЯК КЛЮЧОВИЙ ТРЕНД У РОЗВИТКУ ІНФОКОМУНІКАЦІЙ

2.1 Концепція Інтернету речей

Інформаційні та телекомунікаційні технології стали реально невід'ємною частиною повсякденного людського життя, але і необхідною технологічною підтримкою для створення сучасних бізнес-процесів. Швидкий розвиток смартфонів та інших пристроїв, створення мобільних додатків для гаджетів дозволяє швидко відслідковувати, знаходити, зберігати різні сторони і частини людського життя: починаючи списком постійних контактів, повсякденні робочі задачі, здійснення банківських операцій, подорожі, останні покупки в онлайн магазинах до стану фізичного та психологічно-емоційного стану людини.

Однак нові інформаційні технології виводять рівень збору, агрегації і обміну накопиченою інформацією на принципово інший якісний рівень з мінімальною роллю та ступенем участі людини. Однією з технологій, що впливає на зміну соціального, економічного та культуру сучасного суспільства, є концепція IoT. Дана концепція дозволяє не лише об'єднувати предмети матеріального світу за допомогою Інтернету для обміну інформацією між ними, але і розвивати можливості по накопиченню, структуруванню та аналізу різної інформації про поведінку людей в різних місцях та відповідно ситуаціях.

Дослідницькі компанії та ряд вчених протягом останніх років розглядають IoT як новий етап розвитку Інтернету, вказуючи на ті безмежні можливості для об'єднання людей, процесів, даних і речей, які він надає.

У загальному випадку під IoT розуміється сукупність різноманітних сенсорів, пристроїв, об'єднані в мережу за допомогою будь-яких доступних каналів зв'язку, що застосовують різні протоколи для взаємодії між собою та єдиний протокол доступу до глобальної мережі – Інтернету.

Незважаючи на те, що термін «Інтернет речей» є порівняно новим, концепція об'єднання комп'ютерів та мереж для моніторингу та керування пристроями існує вже декілька десятиліть. Наприклад з історії, уже в кінці 1970 року здійснювалося комерційне використання систем для віддаленого моніторингу лічильників електричної мережі через телефонні лінії. У 1990 році досягнення в області безпроводної технології уможливили широке поширення корпоративних і виробничих рішень «Machine-to-Machine» (M2M) для моніторингу та управління обладнанням. Хоча багато з цих ранніх рішень були створені на основі закритих спеціалізованих мереж на галузевих або фірмових стандартах, а не на мережах на основі протоколу Internet Protocol (IP) і стандартів Інтернету. Ідея використання IP для підключення до Інтернету пристроїв, які не є комп'ютерами, не нова. Перший пристрій з підключенням до Інтернету був тостер з підтримкою протоколу IP, який можна було включати і вимикати через Інтернет, було представлено в 1990 році Johnom Romkey. Проте тільки в 21 столітті в сфері зв'язку з бурхливим розвитком інформаційно-комунікаційних технологій сформувалася загальна концепція IoT та отримала своє практичне втілення і задум.

На сьогоднішній день IoT представляє собою декілька мереж, які слабо пов'язані між собою, кожна з них розгорнута для вирішення своїх окремих завдань. Візьмемо для прикладу автомобіль, в сучасних автомобілях існує і використовується декілька мереж: в одній мережі задача - керувати роботою двигуна, в іншій – системами безпеки, і т.д.

В офісних та житлових будівлях також встановлюється безліч систем для управління опаленням, водопостачання, вентиляцією, кондиціонуванням, телефонним зв'язком, безпекою, освітленням тощо. Смартфон не вважався б «розумним», якби не наявність безлічі сенсорів, вбудованих в кожен пристрій, зазвичай це 5-9 сенсорів (в залежності від моделі). В цей перелік входять: сенсор зовнішнього освітлення, магнітометр, барометр, сенсор вологості, температури і т.д. Функція сенсорів набагато ширша, ніж просте

забезпечення працездатності наших мобільних телефонів. Насправді вони є важливим компонентом, який «запускає» Інтернет речей. Постійно збираючи дані про своє оточення, сенсор стає основним способом отримання даних самим комп'ютером. Вони можуть отримувати і обробляти дані зі швидкістю і в кількостях, з якими жодна людина не зможе зрівнятися. Саме сенсори сприяли виникненню феномена, який сьогодні називається «великі масиви даних».

Перш ніж аналізувати значення Інтернету речей, потрібно зрозуміти різницю між Інтернетом і тим, що іменується «Всесвітньою павутиною» (World Wide Web, або просто «Веб»). Ці терміни часто використовуються як абсолютні синоніми, що не є коректною формою.

Інтернет – це фізичний рівень мереж: комутатори, маршрутизатори та інше обладнання. Його головна функція полягає у швидкій, надійній і безпечній передачі інформації з однієї точки в іншу. «Веб» – це рівень додатків, що працює поверх Інтернету. Його завдання – це створення інтерфейсу для отримання реальної користі від переданої через Інтернет інформації.

В Інтернеті речей кожна річ «підписана» своїм унікальним ідентифікатором, які спільно утворюють середовище речей, здатних взаємодіяти один з одним, створюючи тимчасові або постійні мережі. Так речі беруть участь в процесі їх переміщення, шляхом того що діляться інформацією про поточну локацію, що дозволяє повністю автоматизувати процес логістики, а маючи вже вбудований інтелект, речі можуть змінювати свої властивості і підлаштовуватись до навколишнього середовища, в тому числі і для зменшення енергоспоживання та підтримання екосистеми. Вони також можуть виявляти інші, так само чи якось по-інакшому пов'язані з ними речі, і налагоджувати з ними взаємодію. Інтернет речей дозволяє створювати комбінацію з інтелектуальних пристроїв, об'єднаних мережами зв'язку та людей. Спільно вони можуть створювати багато різноманітних систем.

Інтернет речей викликав широке поширення сенсорів температури, тиску, вібрації, освітлення, вологості і фізичних навантажень, які допомагають нам спростити та покращити наше життя. Крім того, він почав проникати в раніше недоступні сфери. Наприклад, пацієнти ковтають інтернет-пристрої, що дозволяють точно діагностувати деякі захворювання і виявляти їх причини; мікроскопічні сенсори, підключені до Інтернету, можна закріплювати на рослинах, тваринах, геологічних утвореннях тощо.

Загалом функції Інтернету речей:

- наявність широкого кола пристроїв (причому не тільки «звичайних» інтернет-терміналів);
- персональних комп'ютерів, смартфонів і т.д., підключених до всесвітньої мережі Інтернет;
- збір значного масиву даних про навколишній простір (як персональних даних, так і іншої інформації), а також обмін даних між зазначеними пристроями;
- можливість автоматичного (без безпосередньої участі людини) виконання пристроями Інтернету речей функцій, які можуть мати юридичне значення та наслідки для людей.

Повсюдне недороге і високошвидкісне з'єднання з мережею, особливо за допомогою ліцензованих і неліцензованих послуг безпроводного зв'язку і технологій, дозволяє підключити до мережі практично будь-який предмет.

Протокол IP став основним глобальним мережевим стандартом, що забезпечує чітко визначену і широко використовувану платформу для програмного забезпечення та інструментів, що може бути легко і без великих витрат включено в широкий спектр пристроїв. Хмарні обчислення, що використовують віддалені мережеві ресурси для обробки, управління і зберігання даних, дозволяють невеликим і розподіленим пристроям взаємодіяти з потужними функціями аналізу та управління на сервері.

Досягнення в області виробництва дозволяють застосовувати найсучасніші технології обчислень і зв'язку в об'єктах дуже малого розміру.

У поєднанні з більш високою економічністю обчислень це стало поштовхом для створення недорогих сенсорів малого розміру, на яких засновано безліч областей застосування інтернету речей.

У міру розвитку будуть підключатися та використовуватися більш широкі засоби безпеки, аналітики та управління, і в результаті Інтернет речей отримає ще більше можливостей відкрити людству нові, великі, масштабні перспективи.

Система зв'язку на базі IoT представляє собою два або декілька пристроїв, що підключені і здійснюють зв'язок один з одним безпосередньо, а не через проміжний сервер додатків. Ці пристрої здійснюють зв'язок через різні типи мереж, в тому числі, мережі на основі протоколу IP або Інтернет. Однак часто ці пристрої використовують такі протоколи, як Bluetooth, 40 Z-Wave⁴¹ або ZigBee⁴² для встановлення прямого зв'язку від пристрою до пристрою (рис.2.1) [7].



Рисунок 2.1 – Приклад моделі зв'язку від пристрою до пристрою

Традиційно ця модель зв'язку використовується в додатках, як домашні автоматизовані системи, де використовуються дані малого розміру для налаштування зв'язку між пристроями з малим рівнем вимог по критерію швидкості передачі даних. Пристрої для дому IoT, такі як лампочки, вимикачі, термостати і дверні замки, в невеликій системі автоматики обмінюються не таким великим масивом інформації.

Такі пристрої часто знаходяться в безпосередньому зв'язку, зазвичай вони оснащені вбудованими механізмами безпеки, але також

використовують певні моделі даних для кожного пристрою, що вимагає додаткових зусиль в розробці. Це означає, що виробники пристроїв повинні вкладати кошти в розробку певних форматів даних для кожного типу пристроїв замість використання відкритої платформи для стандартних форматів.

2.2 Мережева павутина як інструмент інтернету речей

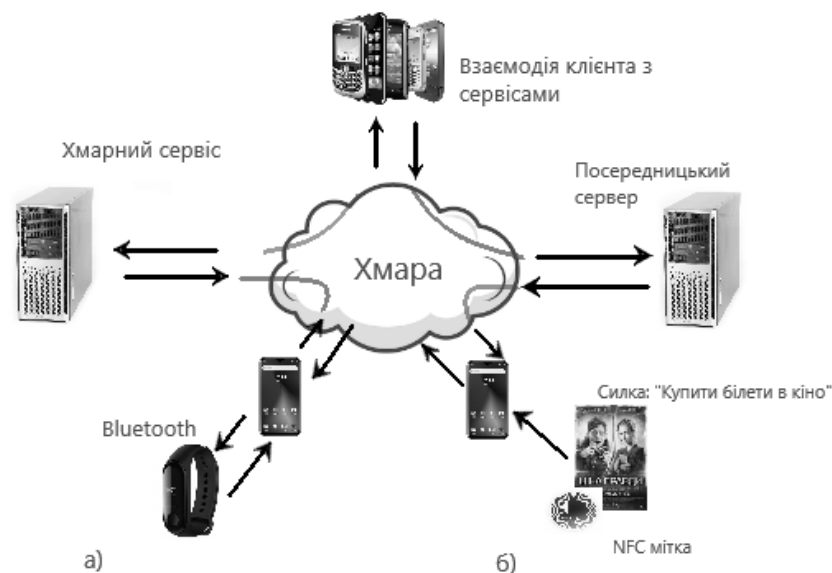
Мережна павутина дає важливу модель взаємодії для Інтернету речей – а саме можливість отримувати інформацію про пристрої та в деяких випадках, контролювати їх за допомогою браузера. Інтернет речей розширить звичайний `www`, підключивши до Всесвітньої мережі широке коло програмно-апаратних комплексів та електронних пристроїв. Назвемо «Фізична Всесвітня павутина» пристрої в складі Інтернету речей, які управляються і передають інформацію за допомогою веб-технологій. Будь-яка взаємодія між такими пристроями здійснюється із застосуванням ідентифікаторів, причому в IoT в якості ідентифікаторів для глобальної мережі пристроїв потрібно використовувати 128-розрядні адреси IPv6.

Можна також застосовувати уніфіковані ідентифікатори ресурсу URI, що включають в себе покажчики та імена, як більш високорівневу альтернативу, що прокладає міст між пристроями Інтернету речей і традиційними веб-технологіями. Універсальний покажчик ресурсу URL використовується спільно з сервісом доменних імен для маршрутизації і з'єднання з сервісами, а універсальне ім'я ресурсу URN (Uniform Resource Names), в якості якого може використовуватися, наприклад, глобально-унікальний ідентифікатор, перетворюється на адресу за допомогою методів, що напряду залежать від схеми формування імені. Відмінною особливістю Фізичної павутини є використання URI як основного ідентифікатора.

Багато дослідників розширюють визначення Інтернету речей, включаючи в нього будь-яку людину і речі на планеті. Таким чином,

концепція Фізичної павутини охоплює не тільки розумні пристрої. Це дозволить мільярдам людей і різним пристроям брати участь у великій системі Інтернету речей, тим більше що у більшості людей сьогодні вже є такий шлюз - смартфони, чисельність користувачів яких вже перевищила мільярд. На рис. 2.2 показані дві моделі взаємодії, які можна реалізувати за допомогою смартфонів. При прямій взаємодії смартфон може опитувати стан пристрою поблизу себе і виконувати роль моста між низькорівневими одноранговими протоколами, такими як Bluetooth або Wi-Fi, і протоколами Інтернету на прикладі HTTP і TCP.

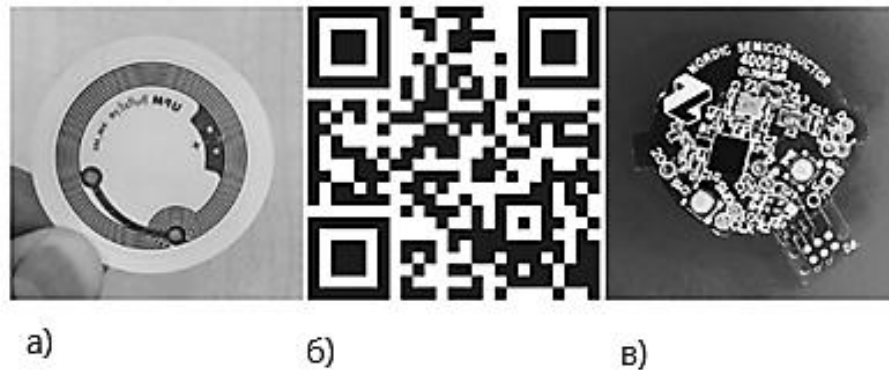
Один із прикладів - фітнес-трекер Xiaomi, який завантажує число пройдених кроків через смартфон користувача по 4G-мережі в його хмарний акаунт. Через веб-сервіс на своїх смартфонах мобільні користувачі, що знаходяться поблизу від об'єкта Інтернету речей, можуть пошукати пов'язану з ним інформацію, яка опублікована зацікавленими сторонами, - наприклад, постер фільму, який дозволяє перехожим, які проходять повз нього автоматично звернутися до веб-сторінки сайту кінотеатру і купити електронні квитки[8].



а) — прямий; б — через посередника

Рисунок 2.2 – Два способи взаємодії з Інтернетом речей

Існує декілька видів міток для фізичних об'єктів, зв'язаних з посередницькими веб-сервісами (рис 2.3).



а) - NFC-мітка; б — QR-код; в — мітка Bluetooth Low Energy

Рисунок 2.3 – Види міток

2.3 Практичне застосування IoT

На прикладі Інтернету речей можуть бути реалізовані «розумні» (smart) Застосунки в різних сферах діяльності і життя людини:

- «SMART планета» – людина може «тримати руку на пульсі планети»: своєчасно реагувати на забруднення чи інші екологічні проблеми, а це означає - ефективно розпоряджатися ресурсами.
- «Розумне місто» – міська інфраструктура та супутні муніципальні послуги, такі як освіта (садочки, школи), охорона здоров'я, громадська безпека тощо, стануть більш ефективними [9].
- «Розумний будинок» – система буде розпізнавати всі можливі ситуації, що відбуваються в будинку та реагувати на них відповідно так, що забезпечить мешканцям безпеку, комфорт, ресурсозбереження і економію відповідно.
- «Розумна енергетика» – надійна та високої якості передача електричної енергії від джерела до приймача в зазначений час та в необхідній кількості.

— «Розумний транспорт» – транспортування пасажирів з однієї точки в іншу стане зручніше, швидше і безпечніше.

— «SMART медицина» – лікарі та пацієнти зможуть спокійно і без ускладнень отримати віддалений доступ до дорогого медичного обладнання або до електронної історії хвороби будь-де, планується реалізувати система віддаленого моніторингу здоров'я, автоматизована, унікальна видача лікарських препаратів хворим та багато чого додатково.

2.4 Інфокомунікаційні системи в рамках розумного міста

В останні роки в містах інтенсивно створюються інформаційні системи для автоматизації окремих сфер міського життя: безпеки міського середовища, транспорту, енергетики, охорони здоров'я, освіти, державного і муніципального управління та ін. Принципи і технології IoT дозволяють створити повнозв'язне інтегроване рішення, необхідне для функціонування міського середовища, що доступне всім жителям міста, співробітникам міських служб, чиновникам і керівникам різних рівнів та сфер діяльності.

Слід визнати, що Інтернет речей поки ще не проник сильно в елементи міської інфраструктури та господарства, але вже сформував свою сферу впливу, в рамках якої грає практично не останню в розвитку роль. Це в першу чергу транспорт, енергетика та комунальні послуги, екологія, контроль злочинності, інформаційне забезпечення жителів міста тощо. Інтелектуальні мобільні пристрої і високошвидкісні територіально розподілені мережі для доступу до них, сенсори, що вбудовуються в міське середовище, – все це забезпечує основу для створення всеосяжних міст або u-міст, в яких об'єкти інфраструктури і люди тісно пов'язані між собою.

За допомогою додатків Uber, Uklon, Bolt можна відслідкувати пересування машини, яку замовили, виявити найближчого водія поруч завдяки онлайн-карті.

Збір інформації від автобусів, трамваїв, тролейбусів обладнаних системою GPS дозволяє створювати інтерактивні табло на зупинках, онлайн-ресурси і додатки, які інформують пасажирів про те, скільки їм доведеться чекати їхній транспорт.

Наприклад, в Києві та Дніпрі встановлено «розумні» зупинки. Пасажири в режимі онлайн можуть відслідковувати номер і час прибуття, а також схеми і розклад маршрутів на спеціальних інформаційних табло. Також зупинки обладнані підігрівом, розетками для підзарядки мобільних телефонів і безкоштовним Wi-Fi.

Інший цікавий приклад – «розумні» сміттєві контейнери. Сигнал про наповнення подається в централізовану систему управління, яка відстежує на карті всі сміттєзбиральні машини і включає наповнений контейнер в маршрут найближчої вантажівки. І це теж вже не фантастика: саме так працює сміттєзбиральна система в Дубліні і Барселоні.

«Розумний» будинок призначений для максимально комфортного життя людей за допомогою використання сучасних високотехнологічних засобів. Принцип роботи такої системи полягає в автоматизації всього, з чого складається житлова споруда: освітлення, кондиціонування, системи безпеки, електроенергії, опалення, водопостачання та водовідведення і т.д. До основних підсистем «розумного» будинку відносяться: клімат-контроль, освітлення, мультимедіа (аудіо і відео), охоронні системи, зв'язок і інші.

У стандартному проекті «розумного» будинку можна виділити три основні підмережі: мережу мультимедійних пристроїв, мережу електроосвітлювального обладнання і сенсорну мережу. В останньому випадку це сенсори руху, світла, температури, тиску, вологості, вібрації і т.д. Таким чином, «розумний» будинок складається з програмного і апаратного забезпечення, сенсорів і провідної/безпроводної мережі.

Для автоматизації будинку смарт-вузли можуть бути інтегровані безпосередньо в побутові пристрої, наприклад в пирососи, мікрохвильові печі, холодильники, кавоварки, чайники тощо. Вони можуть взаємодіяти

один з одним із зовнішньою мережею через інтернет. Це дозволить кінцевим користувачам легко управляти пристроями будинку як локально, так і віддалено.

У загальному випадку реалізація такого рішення надає його власнику такі переваги:

- зниження споживання ресурсів (газ, вода, електроенергія);
- високий рівень комфорту;
- забезпечення необхідної взаємодії всіх автоматизованих систем об'єкта нерухомості, завдання різних режимів роботи;
- зниження ймовірності виникнення аварійних ситуацій;
- підвищення оперативності, простоти і зручності управління.

Ідея використовувати в Інтернеті речей таку просту, що отримала повсюдне поширення технологію, як стільниковий зв'язок, знаходить все більше застосування в усьому світі.

Розглянемо більш конкретно переваги впровадження «розумних» пристроїв в певних сферах.

Автотранспорт:

- навігація;
- безпека, попередження аварій;
- аварійне реагування;
- самодіагностика автомобіля.

Безпека:

- відеоспостереження, відстеження;
- дистанційна зброя;
- моніторинг навколишнього середовища.

Охорона здоров'я:

- мобільні лабораторії;
- віддалений моніторинг пацієнта, діагностика;
- телемедицина.

Розумне місто:

- інтелектуальний транспорт;
- «розумні» будинки;
- «розумне» водопостачання;
- «розумне» освітлення;
- «розумні» парковки.

«Розумний» автобус призначений для збору і зберігання інформації про ситуацію в автобусі, а також контролю за дорожньо-транспортною ситуацією і передачею даних про адміністративно-правові порушення іншими учасниками дорожнього руху. Переваги впровадження такого рішення для міста: оперативне реагування на надзвичайні ситуації, зниження смертності, зниження завантаженості доріг, порушення правил дорожнього руху, збір аналітичної інформації.

«Розумна» парковка призначена для покращення дорожньо-транспортної ситуації в місті за рахунок надання оперативної інформації про наявність вільних місць для паркування автомобілів через додаток смартфона.

Переваги такого рішення: зниження кількості «пробок» (за вже проведеними дослідженнями 30% заторів викликано машинами, які шукають паркувальне місце), додатковий прибуток за рахунок можливостей відео аналітики (поліпшення показника фіксації порушень паркування, який зараз становить 3 з 10 випадків), додаткова вигода за рахунок впровадження плати за користування парковками [7].

2.5 Концепція розумного міста на прикладі KYIV SMART CITY

У містах сьогодні стоять складні завдання для досягнення цілей щодо соціально-економічного розвитку та якості життя. Концепція «розумних міст» є відповіддю на ці виклики. У цьому документі досліджуються «розумні міста» як середовище відкритих та керованих користувачем

інновацій для експерименту та перевірки майбутніх послуг з підтримкою Інтернету.

Перша перспектива майбутніх досліджень та експериментів в Інтернеті являє собою - технологічно орієнтований та довгостроковий внесок у міські екологічні системи. Міста та міські райони забезпечують потенційно привабливе середовище для тестування та перевірки. Однак існує великий розрив між технологічною орієнтацією досліджень майбутнього Інтернету та потребами і амбіціями міст.

Отже, друга перспектива полягає у політиці розвитку міста. Керівників міської політики, громадян та підприємств насамперед цікавлять конкретні та короткострокові рішення, які приносять користь бізнесу створення та соціальна участь. Хоча багато міст ініціювали Інноваційні програми ІКТ для стимулювання ділових та суспільних застосувань, розширення масштабів пілотних проектів для широкомасштабного розгортання в реальному житті сьогодні є надзвичайно важливим.

Третя перспектива - це концепція відкритих та керованих користувачем інноваційних екосистем, які близькі до інтересів та потреб міст та їх зацікавлених сторін, включаючи громадян та бізнесу, які можуть усунути розрив між короткостроковим розвитком міста [10].

У березні 2015 року було презентовано для обговорення експертами громадянського суспільства, створено робочу групу з розробки проекту та розпочато роботу над створенням концепції Kyiv Smart City. Під час розробки концепції були сформовані пріоритети розвитку міста:

- е-урядування;
- безпека;
- медицина;
- ЖКГ;
- транспорт.

2-3 жовтня 2015 року на першому Kyiv Smart City Forum мер міста Києва розповів місцевим про концепцію проекту та підписав Меморандум

про співпрацю міської влади з громадськістю, місцевими компаніями та закордонними ІТ-компаніями, які готові активно сприяти процесу відтворення концепції Kyiv Smart City в життя [11].

Проект діє для технологізації української столиці — міста-героя Києва, реалізації та підтримування міських проєктів в рамках ідеї Kyiv Smart City 2020. Діяльність у технологізації та міських сервісах:

- картка киянина;
- смарт вулиця.

У столиці відкрили першу smart-вулицю, розташовану в межах вулиці Салютної, яка обладнана інноваційними пристроями та системою моніторингу якості повітря. На першій smart-вулиці Києва встановили першу в Україні стаціонарну систему моніторингу якості повітря. Датчик вимірює концентрацію дрібнодисперсного пилу, рівень формальдегіду, діоксиду азоту, чадного газу, кисню, вуглекислого газу, а також фіксує температуру і вологість. Сьогодні контроль якості повітря в усіх районах столиці здійснює мобільна лабораторія, яка щоденно робить збір та аналіз – пояснили в КМДА.

Дані про якість повітря доступні на порталі air.kyivsmartcity.com.

Крім цього, 12 камер відеоспостереження гарантують високий рівень безпеки, а "розумне" освітлення, що автоматично змінюється залежно від інтенсивності руху, заощаджує електроенергію.

Також на вул.Салютній є дві станції для підзарядки електромобілів, лавки з USB-зарядними пристроями, що живляться від сонячних панелей, та кнопка екстреного виклику [12].

- Е-демократія та Громадський бюджет;
- AI for Kyiv.

Проект Artificial intelligence (AI) for Kyiv – Штучний інтелект для Києва – покликаний ініціювати дискусію про цифрові права людей в Україні та розробити практичні приклади прозорого, підзвітного та справедливого використання штучного інтелекту/автоматизованого прийняття рішень

службами Київської міської адміністрації. Громадська організація «СМАРТ СІТІ ХАБ» прагне розробити та віднайти оптимальні рішення для покращення якості життя у місті на основі принципів відкритого доступу до даних, а також інтелектуальної та прозорої трансформації управління містом з використанням сучасних технологій та інновацій [13].

- бюджет участі;
- онлайн-петиції;
- електронні закупівлі;
- запис на прийом до лікаря;
- запис дитини до закладів дошкільної освіти (дитячих садків);
- єдиний обліковий запис киянина, портал «Відкриті дані»,

додаток Kyiv Smart City;

- реєстр домашніх тварин.

Транспортна інфраструктура:

- Е-квиток (рис 2.4);

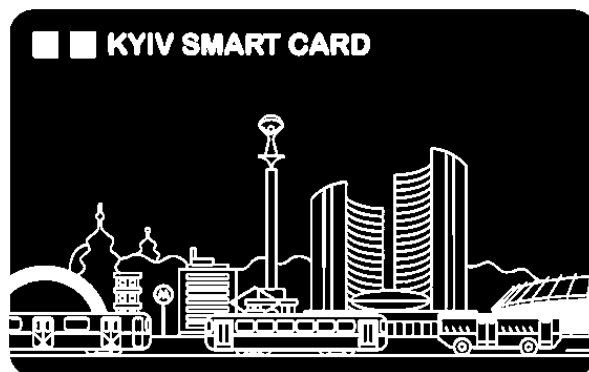


Рисунок 2.4 – Єдиний проїзний документ в громадському транспорті міста Києва

- разовий qr-квиток у громадському транспорті (рис 2.5);

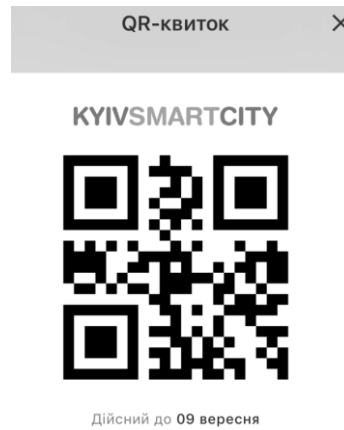


Рисунок 2.5 – QR-квиток

— диспетчерський центр моніторингу роботи транспорту.

Диспетчери системи зможуть управляти та контролювати виконання роботи – надсилати повідомлення водіям і отримувати від них зворотний зв’язок. У кожного з водіїв є екран, обладнаний для прийому повідомлень, моніторингу поточних даних авто та формування маршрутів. У центрі працюють чотири оператори. До моніторингу підключено понад 600 одиниць комунальної техніки [14].

Екологія:

— дослідження якості води та повітря в Києві: платформа екомоніторингу повітря аналізує проби повітря, які щодня знімаються в 10 районах столиці. Аналіз проводиться за вісьмома показниками: формальдегід, діоксид азоту, чадний газ, кисень, вуглекислий газ, температура, вологість, тиск. У майбутньому кількість станцій забору повітря планують збільшити до 30. За словами творців платформи, для аналізу беруть проби повітря на рівні зросту людини. Це допомагає отримувати дані впливу забруднення повітря на здоров’я людини [15];

- екомоніторинг у столичних школах;
- геопросторовий план Києва для прогнозування росту забудови;
- дослідження водойм;
- зміни обсягів озеленення та температури.

Безпека міста:

— комплексна міська система відеоспостереження.

Унікальний модуль дозволяє шукати правопорушників не лише завдяки спеціалізованим камерам розпізнавання обличчя. Модуль фіксує зображення з будь-якої камери, що встановлена в рамках мережі та порівнює їх із базою правопорушників, що була створена правоохоронними органами. Якщо система виявляє подібність, оператор одразу отримує тривожний сигнал. Таким чином, система прискорює розшук злочинців та правопорушників.

Зараз камери розташовані у місцях великого скупчення людей: у дошкільних навчальних закладах, школах, метрополітені, вокзалах, лікарнях тощо.

До складу новітнього аналітичного модуля розпізнавання осіб входять аналітична система та база даних, яка складається зі списку розшукуваних людей. Система має два режими роботи: онлайн та офлайн. У режимі онлайн модуль, отримавши зображення обличчя, порівнює його з наявними зображеннями у базі пошуку. У разі виявлення схожості з даними бази оператор отримує сигнал тривоги. Офлайн-режим дозволяє шукати людей у базі за фотографією обличчя [16].

— система сповіщення про надзвичайні ситуації;

— функція розпізнавання обличчя.

Камери фіксують обличчя людини, ці дані залишаються в архіві. За допомогою отриманого з камер фоторобота правопорушника, система аналізує базу даних та знаходить потрібну людину. Під час пошуку у системі можна налаштувати параметри, наприклад: «людина у шапці», «людина в окулярах», «темний колір волосся», навіть вік або стать [16].

2.6 Задачі IoT, проблеми, реалізації та плани на майбутнє

Реалізація бачення IoT не є легким завданням завдяки багатьох проблем, які потрібно вирішити. Приклади ключових вимог включають в себе: доступність, надійність, мобільність, продуктивність, масштабованість, сумісність, безпеку, управління та довіру. Вирішення цих проблем дозволяє постачальникам послуг та прикладним програмістам для ефективної реалізації своїх послуг.

Наявність IoT повинна бути реалізована в апаратному і програмному рівні для надання допомоги будь-де та в будь-який час для служб-замовників. Наявність програмного забезпечення відноситься до можливостей програми IoT для надання послуг для всіх у різних місця одночасно.

Доступність обладнання означає, що весь час існують пристрої, сумісні з IoT функціональні можливості та протоколи. Одне рішення для досягнення високої доступності послуг IoT полягає у забезпеченні надмірності критичних пристроїв та служб.

Надійність стосується належної роботи системи за його специфікацією. Надійність спрямована на підвищення рівня успішності надання послуг IoT. Це тісний зв'язок із доступністю, як надійність, ми гарантуємо доступність інформації та послуг у часі. Надійність стає ще більш критичною і вимагає більш жорстких вимог, що стосуються поля заявок на реагування на надзвичайні ситуації. У цих системах критичною частиною є мережа зв'язку, яка повинна бути стійкішою до відмов, щоб реалізувати достовірну інформацію розповсюдження. Надійність повинна бути реалізована в програмному забезпеченні та обладнанні на всіх шарах IoT. Щоб мати ефективний IoT, основне спілкування повинно бути надійним, оскільки, наприклад, через ненадійне сприйняття, збір даних, обробку та передачу даних може призвести до тривалих затримок, втрат.

Мобільність - ще одна проблема для впровадження IoT, адже очікується, що більшість послуг буде доставлено користувачам мобільних

пристроїв. Безперервне підключення користувачів до їх бажаних послуг, коли вони в дорозі, є важливою умовою IoT. Переривання обслуговування мобільних пристроїв може статися в таких випадках коли пристрої переносяться з однієї соти на іншу. Величезна кількість розумних пристроїв в системах IoT також вимагають деяких ефективних механізмів для управління мобільністю. Інтернет транспортних засобів (IoV), як нова зона IoT потребує точного увагу до питань мобільності.

Оцінка ефективності послуг IoT є великою проблемою оскільки це залежить від продуктивності багатьох компонентів, як продуктивність основних технологій. IoT, як і інші системи, потребує постійного розвитку та вдосконалення її послуги для задоволення потреб клієнтів. Пристрої IoT потребують регулярного моніторингу та оцінці, щоб забезпечити найкращі показники роботи для користувачів. Багато показників може бути використовується для оцінки продуктивності IoT, включаючи швидкість обробки, швидкість зв'язку, фактор форми пристрою та вартість.

Підключення мільярдів або трильйонів розумних пристроїв додає постачальникам послуг непрості проблеми з конфігурацією, обліком, ефективність та безпека цих пристроїв. Управління пристроями та програмами IoT може бути ефективним фактором для розгортання IoT. Наприклад, важливий моніторинг зв'язку M2M-об'єктів IoT, щоб забезпечити постійну підключення для надання послуг за запитом. Платформа IoT є прикладом платформи, яка полегшує управління (моніторинг, контроль, та конфігурація) активів IoT будь-де в режимі реального часу інформаційна панель IoT на смартфонах. Підтримання сумісності через шари IoT також потрібно керувати, щоб підвищити швидкість підключення та забезпечити надання послуг.

Масштабованість IoT відноситься до можливості додавання нових пристроїв, послуг та функцій для клієнтів, що без негативно впливає на якість існуючих послуг. Додавання нових операцій та підтримка нових пристроїв особливо непросте завдання за наявності різноманітних апаратних

платформ та протоколів зв'язку. Програми IoT повинні бути розроблені на базі обґрунтування для розширення послуг та операцій.

Здатність до взаємодії (сумісність) – це ще одна проблема для Інтернету речей у зв'язку з необхідністю обробляти велику кількість гетерогенних надбудов, які належать до різних платформ. Здатність до взаємодії повинна враховуватися як розробниками додатків, так і виробниками пристроїв IoT, щоб забезпечити доставку послуг для всіх клієнтів незалежно від специфікацій апаратної платформи, яку вони використовують. Наприклад, більшість смартфонів нині підтримують загальні комунікаційні технології, такі як WiFi, NFC та GSM-налаштування для взаємодії індивідуальних сценаріїв. Крім того, програмісти IoT повинні будувати свої програми так, щоб архітектура могла додавати нові функції, не викликаючи проблем або не втрачаючи функціонування при підтримці інтеграції з різними комунікаційними технологіями.

Безпека представляє значну проблему для впровадження IoT через відсутність загального стандарту та архітектури для безпеки IoT. У гетерогенних мережах, як у випадку IoT, непросто гарантувати безпеку та конфіденційність користувачів. Основна функціональність IoT заснована на обміні інформації між мільярдами чи навіть трильйонами об'єктів підключення до Інтернету. Та все-таки забезпечення обміну даними необхідно уникати втрати чи пошкодження конфіденційності. Збільшена кількість розумних речей навколо нас із конфіденційними даними потребує прозорого та легкого управління доступом таким чином, що, наприклад, один постачальник може просто прочитати дані, а іншим дозволено керувати пристроєм [17].

2.7 Висновки до розділу 2

Зародження ідеї Інтернету речей (IoT) стрімко продовжує свій шлях у нашому сучасному житті, прагнучи покращити якість життя за допомогою

підключення багатьох розумних пристроїв, технологій та додатків. В цілому IoT дозволив би автоматизувати все, що навколо нас.

У другому розділі було представлено огляд цієї концепції прикладом KYIV SMART CITY, її технологій, застосувань а також уже впровадженні ідеї та як вони працюють на сьогоднішній день. Це, вкладення, має забезпечити основу для дослідників і практиків, що зацікавлені познайомитись з IoT технологіями. Приклади ключових понять представляють собою: доступність, надійність, мобільність, продуктивність, масштабованість, сумісність та безпеку.

3 АЛГОРИТМИ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЧЕРГ В МЕРЕЖІ

3.1 QoS як всебічна система сфери управління пріоритетними чергами

Основна функціональність IoT заснована на обміні інформації між мільярдами чи навіть трильйонами об'єктами, які підключенні до Інтернет мережі. Якби їх було кілька десятків, вони б подорожували по всій довжині трафіку без проблем чи зупинок. А от з великою кількістю створюється багато черг, які потребують уникання втрат та налагоджування порядку отримання інформації. Кількість елементів мережевої інфраструктури поповнюється з великою швидкістю. Одне із найголовніших завдань - підтримувати належний рівень якості обслуговування (QoS). Якість сервісу реалізується за допомогою різних механізмів черги, які забезпечують упорядкування трафіку в черзі очікування. У третьому розділі буде розглянуто якість обслуговування, що впливає на всю систему передачі інформації та як механізми обслуговування черг у цьому допомагають.

Зазвичай, інтернет система базується на Інтернет-протоколі (IP) і підтримує лише найпотужніші сервіси. Оскільки Інтернет зростає дуже швидко з кожним днем, і для цього IP-мережі, як очікується, будуть підтримувати не тільки типові сервіси, такі як FTP (File Transfer Protocol) та електронна пошта, але й послуги в реальному часі та додатки з відеозв'язком. Характеристики трафіку цих додатків вимагають певної якості обслуговування (QoS) від мережі з точки зору вимог пропускної здатності та затримки.

Основне занепокоєння в тому, як підтримувати пакетний трафік для голосового дзвінка чи іншого набору зв'язку, чи не буде затримано або пропущено через перевантаженість або порушено з низьким пріоритетом умов трафіку.

Фактори, що впливають на роботу мережі:

— Затримка - це середня різниця у часі для переходу пакета від його джерела до місця призначення. Наприклад, коли користувач починає розмовляти в телефоні, який назвемо джерелом, а інший абонент отримує дзвінок, то прослуховування розмови та відповідь називається призначенням. Час, який витрачається пакетом на подорож від джерела до місця призначення, називається як одностороння комунікація. У технології зв'язку, коли затримка знижується, тоді краще покращити продуктивність мережі. Якщо затримка збільшена, то виникне перевантаженість в мережі, коли пакети не рухатимуться, а послідовність пакетів позаду не переміститься до місця призначення, це може призвести до затримки голосового пакету, а якість дзвінка буде поганою. Обчислення затримки виконують у рівнянні 3.1:

$$D = \sum_{i=1}^N d_i / N, \quad (3.1)$$

де D – середня затримка;

d – підсумовування загальних затримок;

N – загальна кількість усіх вимірювань затримки доставки.

— Джиттер – різниця у затримці пакетів від одного кінця до іншого. У голосових технологіях очікується, що голосові пакети прибуватимуть до пункту призначення через регулярний проміжок часу та повинні відповідати. Джиттер визначається як зміна доступу пакетів, що може призвести до великого трафіку на лінії передачі. Рівень переносимості голосового пакету становить приблизно 75 мілісекунд (0,075 сек), але, згідно з дослідженнями, бажаний рівень становить 40 мілісекунд (0,040 секунди). Розрахунок тремтіння показано в рівнянні 3.2 (Джиттер і середня затримка вимірюються в секундах):

$$J = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (d_i - D)^2}, \quad (3.2)$$

де D – середня затримка;

d – підсумовування загальних затримок;

N – загальна кількість всіх заходів, в яких $D = d_i$ і $J = 0$ (тобто відсутність тремтіння).

— Втрата пакетів пов'язана із перевантаженістю мережі. Коли в мережі є перевантаженість, це може призвести до втрати пакетів. Якщо пакет не досягає пункту призначення у відповідному графіку часу, тоді можна припустити, що пристрій (тобто комутатори, маршрутизатор, з'єднання) перевантажує дані, і не може прийняти вхідні дані в певний момент. Падіння пакетів або відсутність відбудеться під час сильних заторів мережі. Рівень толерантності голосового трафіку становить менше 3% від втрати пакету; буде оптимально 1%, перш ніж абонент виявить часовий розрив у розмові. Коефіцієнт втрати пакетів обчислюється виходячи з відношення кількості втрат пакетів до загальної кількості переданих пакетів, де N буде представлено як загальна кількість пакетів, переданих протягом певного часового графіку, а N_L буде кількість втрат пакету протягом того ж самого часового проміжку передачі. Втрати пакетів обчислюються та відображаються у рівнянні 3.3:

$$\text{Втрата пакетів} = \left(N_L / N \right) \times 100\%, \quad (3.3)$$

Якщо пакети втрачені, вони називаються "сплеском". Втрата або Відмова пакетів пов'язана з наявністю тремтіння, якщо є тремтіння, то в мережевому середовищі виникають сплески [22].

Інтернет щодня посилюється, а кількість елементів мережевої інфраструктури постійно збільшується. Маршрутизатори найчастіше використовуються для з'єднання різних мереж. Одне з їх завдань - підтримувати належний рівень якості обслуговування. У випадку VoIP (Voice over Internet Protocol) вимога полягає в доставці пакетів менше ніж за 150 мс. Ця межа встановлена на рівні, коли людський орган слуху не може розпізнати відмінності в якості голосу. Це одна з основних причин, чому провідні виробники мережевого обладнання впроваджують функціональність QoS (Quality of Service) у свої рішення. QoS - це дуже складна і всебічна система, яка належить до сфери управління пріоритетними чергами. Часовий трафік повинен мати максимально можливий пріоритет. Однак якщо не застосовується належний механізм черги (FIFO, CQ, WFQ тощо), пріоритет втрачає початкове значення. Також добре відомий факт, що всі елементи з функцією пам'яті пов'язані з додатковими затримками під час передачі даних з одного сегмента мережі в інший, тому слід використовувати належний механізм черги і належну довжину буфера, або якість VoIP погіршиться .

Усі відомі алгоритми обслуговування черг мають як переваги, так і недоліки. Основна мета в цих симуляціях орієнтована на покращення роботи мережі з точки зору затримки до кінця VoIP та QoS. У типовому методі встановлення черги в різному застосуванні виявляється найкраща ефективність для різних конкретних методик, але немає загальної техніки, яка найкраща для різних сфер застосування. Він використовується лише типовими методами черги, що використовуються в мережевому обладнанні (маршрутизаторах), добре відомих під аббревіатурами FIFO, PQ та WFQ.

QoS дозволяє контролювати якість передачі даних в мережах, і в той же час робить кращою організацію потоків трафіку даних, які проходять через різні мережеві технології. Така група мережевих технологій включає асинхронний режим передачі, технології Ethernet, блоки на основі IP тощо; і навіть декілька цих технологій можна об'єднувати для використання. QoS - це мережевий механізм, який успішно контролює сценарії потоку трафіку,

генерований широким спектром сучасних мережесих додатків. Це можливо завдяки розподілу пріоритетів для кожного типу потоку даних. Механізм QoS, що спостерігається в цілому, приблизно являє собою проміжний контрольний компонент, розміщений між різними мережами, або між мережею та робочими станціями чи серверами, які можуть бути автономними або згрупованими в локальні мережі. Положення системи QoS у мережі показано на рис 3.1, цей механізм забезпечує те, що програми з найвищими пріоритетами (Viber, ZOOM, WhatsApp, Skype тощо) мають пріоритетне звернення. Архітектура QoS складається з наступних основних елементарних частин: ідентифікація QoS, класифікація QoS, механізм управління заторами QoS та механізм управління QoS, який обробляє чергу.

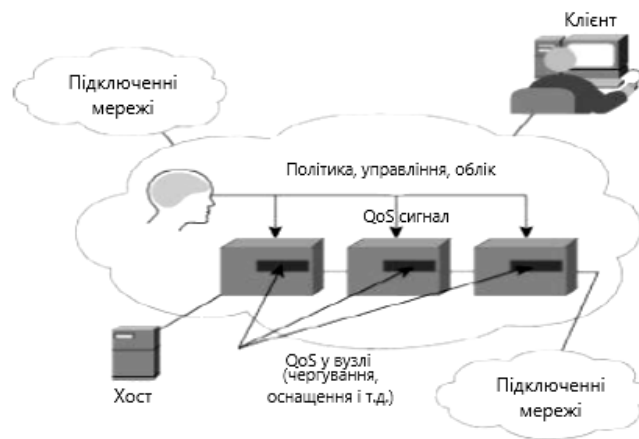


Рисунок 3.1 – Quality of Service

3.2 Класифікація алгоритмів обслуговування

Як частина механізмів розподілу ресурсів, кожен маршрутизатор повинен впроваджувати певну дисципліну черги, яка регулює, як пакети буферуються під час очікування їх передачі. Різні алгоритми обслуговування черги можна використовувати для контролю, які пакети передаються (розподіл пропускної здатності) та які пакети опускаються (буферний простір). Алгоритми обслуговування черги також впливають на затримку

пережитого пакетом, визначаючи, як довго пакет чекає передачі. Прикладами поширених алгоритмів обслуговування черги є черга початку (FIFO), черга з пріоритетом (PQ) та чергове зважування (WFQ) [20].

На рис 3.2 показаний процес черги FIFO (First In First Out), в цій техніці перший пакет, який надходить на маршрутизатор, - це перший пакет, який передається. Оскільки кількість буферного простору на кожному маршрутизаторі є кінцевою, якщо пакет приходить і буферний простір заповнений, маршрутизатор скине цей пакет. Це здійснюється незалежно від того, якому потоку пакет належить або типу трафіку, який пакет має [21].

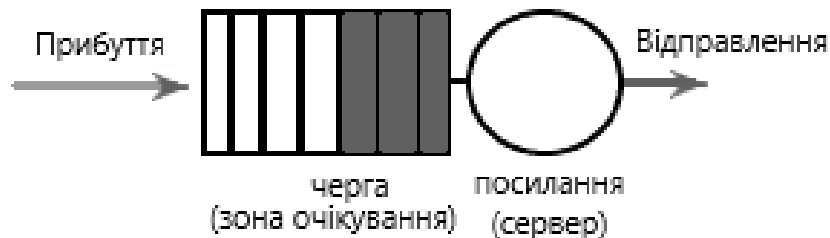


Рисунок 3.2 – FIFO

Пріоритетна черга (PQ – Priority Queue) - це спрощене відхилення від основної черги FIFO. Він позначає кожен пакет пріоритетним номером на основі "Тип сервісу" (ToS). Потім маршрутизатори реалізують декілька черг FIFO, по одній для кожного класу пріоритетів, які диференціюють типи трафіку, FTP, відео чи голос через IP (VoIP). В межах кожного пріоритету з пакетами все ще обробляється FIFO. Чергування з пріоритетом дозволяє розміщувати пакети з високим пріоритетом в передній частині рядка, що можна побачити на рис 3.3.

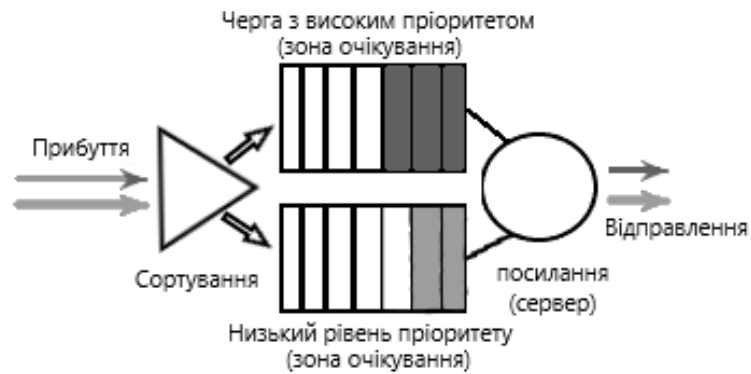


Рисунок 3.3 – PQ

Зважена справедлива черга (WFQ - Weighted fair queueing) алгоритм, який підтримує окрему чергу для кожного потоку, який в даний час обробляється маршрутизатором. Тоді маршрутизатор обслуговує ці черги круговим чином, WFQ присвоює вагу кожному потоку чи черзі, що видно з рисунку 3.4. Ця вага ефективно контролює розподіл відсотковий розподіл завантаженості кожного потоку відповідно до його пропускної здатності. Біти ToS у заголовку IP використовуються для ідентифікації ваги [21].

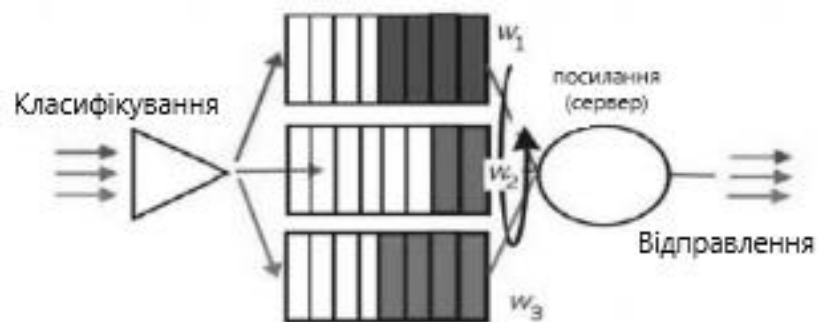


Рисунок 3.4 – Weighted fair queueing

3.3 Аналіз алгоритмів обслуговування черг в системі

FIFO – найосновніша дисципліна черги, яка показана на рис. 3.5. У черзі FIFO всі пакети обробляються однаково, розміщуючи їх в одну чергу,

потім обслуговуючи їх у тому ж порядку, в якому вони розміщувалися в черзі. Черга FIFO також називається чергою First Come First Serve (FCFS).

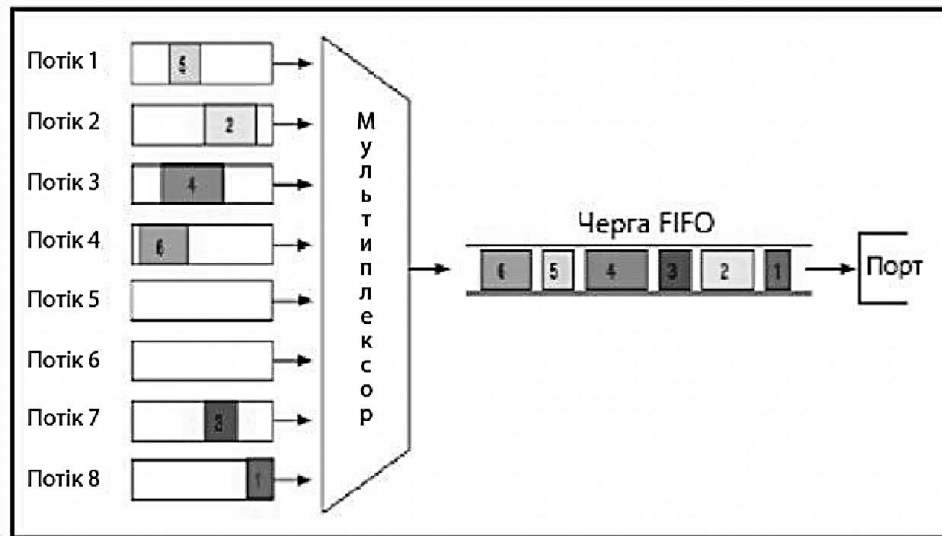


Рисунок 3.5 – Підхід черги FIFO

Як правило, черга FIFO підтримується на вихідному порті, коли не налаштована інша дисципліна планування черги. У деяких випадках постачальники маршрутизаторів реалізують дві черги на вихідному порту, коли не налаштована інша дисципліна планування черги: черга з високим пріоритетом, призначена для планування трафіку управління мережею, та черга FIFO, яка планує всі інші типи трафіку.

Це схоже на людей, що стоять у черзі, щоб забронювати квиток на кіно, там, де настає черга людини, перш ніж попередня особа покине чергу, застосовується аналогічний механізм в контексті мереж. У цій техніці всі пакети в черзі обробляються на справедливій основі, в якій розміщення пакетів в одній черзі, а потім обслуговування відповідно до послідовності замовлення. Техніку черги FCFS широко реалізовано в більшості мережевих методів управління продуктивністю [22].

PQ - це проста версія базової черги FIFO. Ідея полягає у тому, щоб позначити кожен пакет пріоритетом; позначка може бути перенесена, наприклад, у поле IP-тип послуги. Потім маршрутизатори реалізують кілька

черг FIFO, по одній для кожного класу пріоритетів. У межах кожного пріоритету пакетами все ще керується FIFO.

Ця дисципліна чергування дозволяє пакетам з високим пріоритетом ставати до передньої частини рядка. Пріоритетна черга (PQ) є основою для класу алгоритмів планування черги, який показаний на рис. 3.5, який призначений для забезпечення порівняно простого методу підтримки диференційованих класів обслуговування.

У класичному PQ пакети спочатку класифікуються системою, а потім розміщуються в різні черги. Пакети заплановані від голови певної черги, лише якщо всі черги з вищим пріоритетом порожні. У межах кожної черги пріоритетів пакети плануються у порядку FIFO [20] .

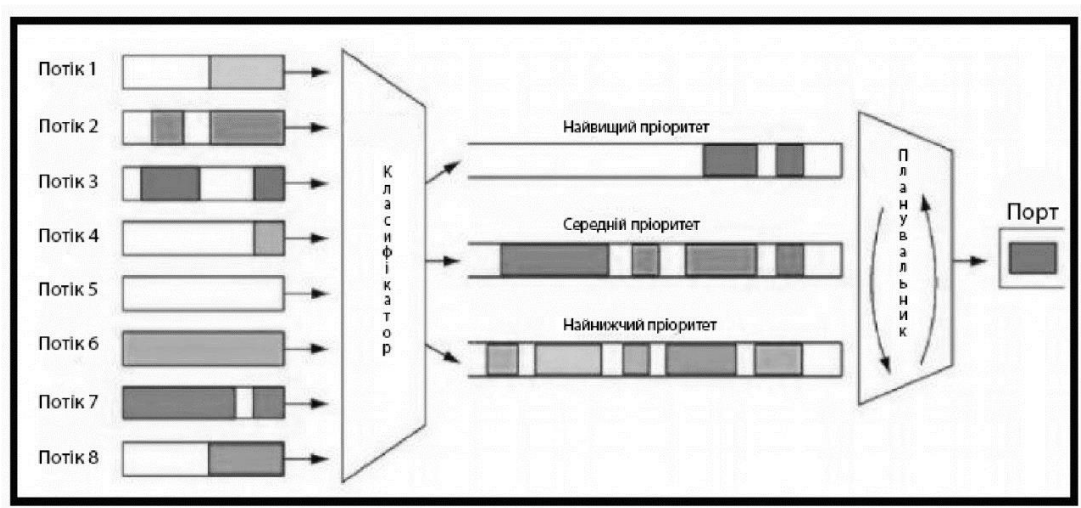


Рисунок 3.6 – Техніка PQ

У цьому випадку беруть участь активні механізми управління чергами, які допомагають застерегти перевантаження, шляхом превентивного відкидання пакетів та цим же сповістити джерело про можливе перевантаження.

Черги з пріоритетом використовуються в:

— операційній системі для врівноваження навантаження та керування перервами;

- кодах Хаффмана для стиснення даних;
- на світлофорі, залежно від трафіку, кольорам буде надано пріоритет.

Методика алгоритму WFQ має подібний процес методу черги з пріоритетом. Пакети в мережі спочатку позначаються на основі потреб та терміновості, після того, як пакет буде позначений нижчим або більш високим пріоритетним буфером, виходячи з цього процесу, застосовується зважена чесна черга. Основна варіація в техніці - WFQ матиме планувальник WFQ, який містить обслуговування кругового режиму для всіх призначених буферів. З метою підтримання якості обслуговування (QoS) алгоритм встановлення черг спочатку планує нижчий об'єм трафіку, а трафік більшого обсягу поділить пропускну здатність балансу, керовану на основі призначення ваг на кожному потоці процесу, ваги з нижчим балом є обслуговується першим у мережі.

Зважена чесна черга - це загальна основа, заснована на справедливому процесі черги. Як методи WFQ, так і PQ, дані, які є в мережі, матимуть окрему чергу FIFO. Рис 3.5 ілюструє техніку зваженої справедливої черги. Отже, вищевказані два методи черги, застосовані в маршрутизаторах, матимуть вплив на продуктивність використання програми та використання мережевих ресурсів [22].

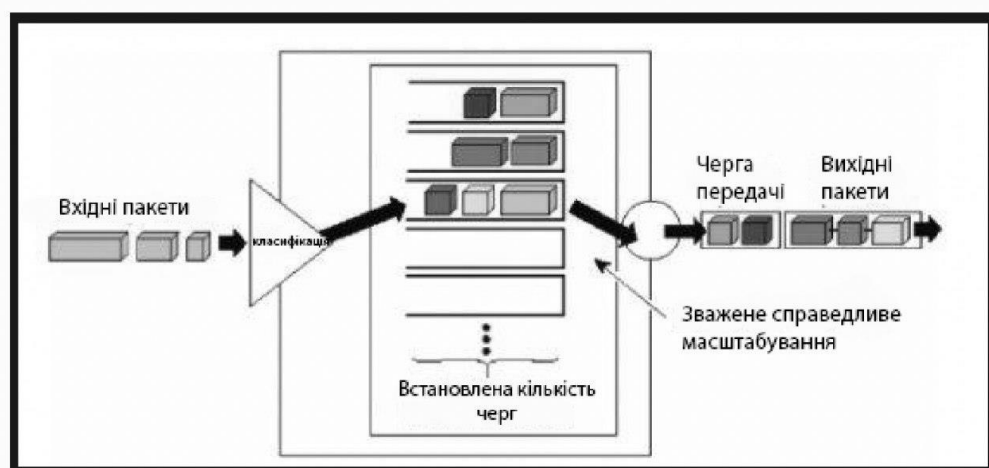


Рисунок 3.7 – Техніка WFQ

3.4 Висновки з розділу 3

Предметом дослідження є особливості та характеристики алгоритмів обслуговування черг для покращення QoS в системах IoT.

Використовуючи нові схеми алгоритмів чергування, кожен потік тепер має власну чергу. При політиці справедливої черги пакети передаються по колу, щоб гарантувати кожному потоку рівну частину ємності (можлива пеналізація потоків, які несуть великі пакети під час перевантаженості мережі). Зважена справедлива черга (WFQ) - алгоритм, який широко використовується в сучасних маршрутизаторах, що підтримують QoS - призначає кожному різному типу потоку свою (не обов'язково однакову) частку пропускної здатності.

Рисунок 3.8 ілюструє концепцію: на малюнку (а) - зображена черга FIFO, яка обслуговує літаки, машини та слонів, які рухаються в тому ж порядку, в якому вони прибули. На малюнку (б), при умові PQ, черги утворюються на кожному потоці і їх передбачають так, що більшим речам доводиться чекати, поки не пройде еквівалентна кількість менших речей. На малюнку (в) – зображена схема WFQ, літакам надається пріоритетне право руху, тому вони рухаються по черзі майже не сповільнюючись і постійно утримуючи порядок; за літаками йдуть машини, а за машинами - караван слонів [23].

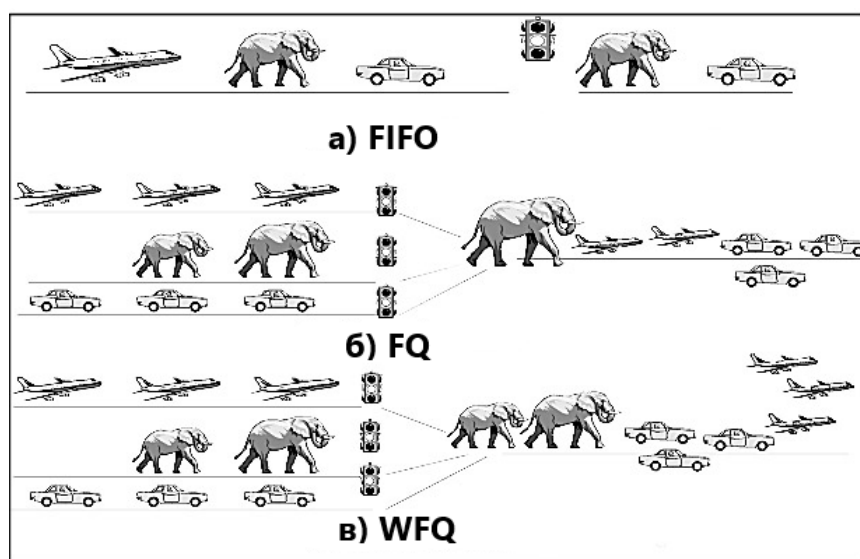


Рисунок 3.8 – Схеми алгоритмів чергування

У третьому розділі було досліджено три алгоритми обслуговування черг: FIFO, PQ та WFQ. Проаналізувавши їх, можна дійти висновку, що кожен з алгоритмів унікальний. Залежно від поставленої задачі та мети, можна застосувати будь-який з них. Важливо враховувати особливості кожного алгоритму, в залежності від ситуації, та вибрати оптимальний.

ВИСНОВКИ

Дипломна робота була присвячена темі : «Дослідження алгоритмів обслуговування в інфокомунікаційних застосунках розумного міста». В роботі було проведено порівняльний аналіз різних алгоритмів обслуговування черг в застосунках Інтернету речей.

У першому розділі охарактеризовано головні відомості DIKW піраміди та визначення її основних частин ієрархії. Проаналізовано параметри оцінки інфокомунікаційної мережі. Також розглянуто ключові тренди та області розвитку телекомунікацій.

У другому розділі проводилось дослідження основних напрямів розвитку та застосувань Інтернету речей для підвищення ефективності реалізацій поставлених задач для безпроводного зв'язку. Було представлено огляд системи KYIV SMART CITY, її сприятливих технологій, застосувань а також вже впроваджені ідеї та як вони працюють на сьогоднішній день. Це вкладення, має забезпечити основу для дослідників і практиків, які зацікавлені досягти ознайомлення в IoT технологіях.

У третьому розділі було проведено аналіз алгоритмів обслуговування черг на основі дослідження Інтернету речей зазначеного в другому розділі. Розглянуто три найуживаніших алгоритми та описано їх особливості та приклади застосування.

Тема даної роботи актуальна та розвивається у всіх напрямках діяльності людства. Вона, як і будь-яка інша система, потребує постійного вдосконалення та покращення показників світової мережі. Ця робота показала можливості розвитку IoT в майбутньому.

Вміст даної роботи може бути корисним для всіх хто хоче ознайомитись з темою Інтернету речей та дізнатись про розвиток системи розумного міста на прикладі проєкту KYIV SMART CITY. Адже це так актуально на сьогодні.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Інформація: [сайт]. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F>.
2. Касьян С. П. Перспективи розвитку інфокомунікаційних мереж / С. П. Касьян // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. - 2012. - № 2. - С. 94-97. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nzundiz_2012_2_20.
3. The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy Jennifer Rowley Journal of Information Science 2007; 33; 163 originally published online Feb 15, 2007; https://pdfs.semanticscholar.org/088d/6a1fa59a8840ab0dff0f2e06d1c1fd7d4012.pdf?_ga=2.31764862.1372298280.1587731946-1533907585.1587731946.
4. What is the DIKW Pyramid?: [сайт]. URL: <https://www.onto-text.com/knowledgehub/fundamentals/dikw-pyramid/>.
5. Телекомунікаційні та інформаційні мережі : Підручник [для вищих навчальних закладів] / П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. – К.: САММІТ-Книга, 2010. – 708 с.: іл.
6. Климаш М.М., Стрихалюк Б.М., Климаш Ю.В. Сучасний стан та аспекти використання інтернету речей // Наукоемкие технологии в инфокоммуникациях: обработка информации, кибербезопасность, информационная борьба : Монография / под общей редакцией В. М. Безрука, В. В. Баранника. – Х.: Издательство «Лидер», 2017. – 600 с.
7. Рой Уонт, Бил Шилит, Скотт Дженсон Механизмы Интернета вещей: [Електронний ресурс]. URL: <https://www.osp.ru/os/2015/01/13045328/>.
8. Голышко, А. Строим «интеллектуальный городок» // Мобильные телекоммуникации, 2013. – №10. – С. 46 – 51.

9. H. Schaffers et al. Smart Cities and the Future Internet: Towards Cooperation Frameworks for Open Innovation // J. Domingue et al. (Eds.): Future Internet Assembly, LNCS 6656, pp. 431–446, 2011.
10. Визначення Kyiv Smart City: [сайт]. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Kyiv_Smart_City.
11. У Києві відкрили першу smart-вулицю: що цікавого: [сайт]. URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2019/06/20/648938/>.
12. Kyiv Smart City: [сайт]. URL: <https://www.kyivsmartcity.com/ai/>.
13. У Києві відкрили центр моніторингу роботи комунального транспорту: що це змінить: [сайт]. URL: <https://www.the-village.com.ua/village/city/city-news/279663-u-kievi-vidkrili-tsentr-monitoringu-roboti-komunalnogo-transportu-scho-tse-zminit>.
14. У Києві запустили щоденний моніторинг якості повітря: [сайт]. URL: <https://ecolog-ua.com/news/u-kyeivi-zapustyly-shchodennyu-monitoryng-yakosti-povitrya>.
15. У рамках проекту «Безпечне місто» запущено новий аналітичний модуль відеоспостереження, що прискорить пошук правопорушників: [сайт]. URL: https://kyivcity.gov.ua/news/u_ramkakh_proektu_bezpechne_misto_zapuscheno_noviy_analitichniy_modul_videosposterezhennya_scho_priskorit_poshuk_prapoporushnikov/.
16. Ala Al-Fuqaha, Mohsen Guizani, Mehdi Mohammadi, Mohammed Aledhari, Moussa Ayyash Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications: [Електронний ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/279177017_Internet_of_Things_A_Survey_on_Enabling_Technologies_Protocols_and_Applications.
17. The top 3 telecom trends for 2020: [сайт]. URL: <https://www.information-age.com/top-3-telecom-trends-2020-123463558/>.

18. Top 5 challenges & trends in telecommunication industry in 2020: [сайт]. URL: <https://www.racknap.com/blog/top-5-challenges-trends-telecommunication-industry/>.

19. Md. Zahirul Islam, Md. Mirza Golam Rashed A Comparative analysis on traditional Queuing and Hybrid Queuing Mechanism of VoIP's QoS Properties // Research Article Open Access International Journal of Advance Innovations, Thoughts & Ideas [Электронный ресурс]. URL: <https://www.omicsonline.org/open-access/a-comparative-analysis-on-traditional-queuing-and-hybrid-queuing-mechanism-of-voips-qos-properties-2277-1891-1000140.php?aid=12915>.

20. Tabassum, M. and Elkhateeb Network Capability Analysis and Related Implementations Improvements Recommendations, K., 2009.

21. Vijayakumar, M., Karthikeyani, V. and Omar, M., 2013. Implementation of Queuing Algorithm in Multipath Dynamic routing architecture for effective and secured data transfer in VoIP. International Journal of Engineering Trends and Technology, 4(4), pp.1226-1230

21. Comparative Analysis Study on Network Performance of VoIP and Data Traffic Pattern using Queuing Algorithms in Wired Network Environment: An Implementation using OMNeT++ Simulator Dhyaa Shaheed Al Azzawy and Mustaffa Raheem Neamah*

22. Fair Queuing and Weighted Fair Queuing (QoS): [сайт]. URL: <http://simple-telecom.blogspot.com/2009/12/fair-queuing-and-weighted-fair-queuing.Html>.